ELEKTRIE 9|86

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN · Postverlagsort für DDR Leipzig · EVP 2,50 Mark · ISSN 0013—5399

Kürzlich erschienen in vierter Auflage

Werkstoffkunde für die Elektrotechnik und Elektronik

Von einem Autorenkollektiv unter Leitung
von Dr. phil. Lothar Hahn und
Chem.-Ing. Irene Munke
520 Seiten, 228 Bilder, 224 Tafeln, Leinen,
DDR 30,— M, Ausland 44,— DM.
Bestellangaben: 5530865/Hahn, Werkstoffkunde

Die stürmische Entwicklung in der Elektrotechnik/Elektronik ist ohne eine ebenso schnell fortschreitende Entwicklung in der Werkstoffwissenschaft nicht denkbar.
Neuartige Werkstoffe in Verbindung mit neuartigen Technologien bilden die materielle Grundlage für die moderne Elektrotechnik/Elektronik und erfordern eine enge Zusammenarbeit zwischen Elektroindustrie und Grundstoffindustrie.
Die optimale Werkstoffauswahl gehört heute zu den Kernproblemen bei der Herstellung hochwertiger Erzeugnisse. Dabei sind Auswahl des Werkstoffes, technologische Weiterverarbeitung und Forderungen an das Endprodukt im Zusammenhang zu sehen und aufeinander abzustimmen.
Grundkenntnisse auf dem Gebiet der Werkstoffkunde sind daher für jeden Elektroingenieur notwendig.
In dem vorliegenden Hochschullehrbuch, das nunmehr in der 4. Auflage erschienen ist, wird dieser Forderung weitgehend Rechnung getragen.
Es enthält eine zusammenfassende Darstellung der modernen Werkstoffe der Elektrotechnik/Elektronik, gegliedert nach Anwendungsgebieten (struktureller Aufbau, Eigenschaften, Herstellung, technologische Weiterverarbeitung, Einsatzmöglichkeiten).

Große Aufmerksamkeit widmen die Autoren den technologischen und anwendungstechnischen Werkstofffragen, da diese für den Elektrotechniker häufig wichtiger sind als die Verfahren zur Aufbereitung der Werkstoffe.
Ausführungen über Entwicklungstendenzen runden die gesamte Thematik ab.
Ein umfangreiches Literatur- und Standardverzeichnis bietet die Möglichkeit für tiefgründiges Einarbeiten in Spezialgebiete. Zahlreiche Bilder, Diagramme und Tafeln ergänzen den Text und liefern besonders für den in der Industrie tätigen Ingenieur wertvolle Informationen.
Wenn dieses Buch auch hauptsächlich für Hochschulstudenten und Ingenieure des Elektroingenieurwesens gedacht ist, so wird auch der Werkstoffachmann wichtige Hinweise für die Zusammenarbeit mit dem Elektroingenieur entnehmen können.

Gliederung der Buches:

Einleitung · Mikroeigenschaften der Werkstoffe · Makroeigenschaften der Werkstoffe · Werkstoffe unter Umwelteinflüssen · Leiterwerkstoffe · Halbleiter · Kontaktwerkstoffe · Widerstandswerkstoffe · Magnetische Werkstoffe · Isolierstoffe der Elektrotechnik · Ferroelektrika · Werkstoffe der Vakuum-, der Hochtemperatur- und der Tieftemperaturtechnik · Werkstoffe der Optoelektronik · Verzeichnis der Standards.

Auslieferung durch den Fachbuchhandel

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

9|86 ELEKTRIE

40. Jahrgang

Wissenschaftlich-technische Zeitschrift der Elektrotechnik

ISSN 0013-5399

Organ des Fachverbands Elektrotechnik der Kammer der Technik

Die Zeitschrift erhielt die Silberne Ehrenplakette der KDT

Redaktionsbeirat

Vorsitzender:

Prof. Dr. sc. techn. J. Vogel

Mitglieder:

Prof. Dr. sc. techn. S. Altmann · Prof. Dr. sc. techn. H. Böhme · Prof. Dr. sc. techn. P.-K. Budig · Dr. sc. techn. G. Burkhard · Dr.-Ing. D. Flügge · Obering. K. Friedel · Prof. Dr. sc. techn. J. Hoffmann · Dipl.-Ing. H. Kabisch · Prof. Dr.-Ing. habil. R. Lappe · Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. e. h. H.-J. Mau · Prof. Dr. phil. habil. G. Mierdel · Dr. rer. nat. K. Möbius · Prof. Dr. sc. techn. E. Muschick · Prof. Dr. sc. techn. V. Pfeiler · Prof. Dr.-Ing. e. h. K. Pommer · Prof. Dr.-Ing. habil. R. Schönfeld · Obering. Dipl.-Ing. N. Wass · Prof. Dr.-Ing. habil. G. Wunsch

Korrespondenten:

Dr.-Ing. K. Hanella, Ilmenau · Dr.-Ing. W. Jordan, Dresden

Titelbild

Im Kombinat VEB Lokomotivbau-Elektrotechnische Werke „Hans Beimler" bewährt sich eine geschlossene Leistungskette für die Fertigung von Leiterplattenvormaterial. Hier werden Automaten zur Erzeugung und Nachbehandlung von Kupferfolie gefertigt, hier steht eine umfassende Auswahl von Schichtpreßstoffen zur Verfügung, hier werden kupferkaschierte Schichtpreßstoffe und Vormaterial für Mehrlagen-Leiterplatten hergestellt.
Unser Bild zeigt Mehrlagen-Leiterplatten auf der Basis von LEW-Vormaterial.
Durch eine umsichtige Entwicklungsarbeit — siehe auch den Beitrag auf Seite 323 — konnten Cu-Folie, Schichtpreßstoffe, kupferkaschierte Schichtpreßstoffe und das entsprechende Know-how exportiert werden.

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

Träger des Ordens Banner der Arbeit

Inhaltsverzeichnis

Seite

Aktuelle Information 322

Richter, P.; Rose, H.
Erfindertätigkeit im Kombinat VEB LEW „Hans Beimler" 323

Fachaufsätze

Kaschel, J.; Müller, V.; Stoev, A.
Ansteuerung eines Sechspulsgleichrichters durch einen 8-Bit-Mikroprozessor 325

Weßnigk, K.-D.
Physikalische Ursachen des Entstehens innerer Überströme 329

Kiank, H.
Strategisches Modell zur Planung von 110-kV-Umspannwerken 332

Muschick, E.
Entdeckungen von Grundlagen der Übertragungstechnik von Elektroenergie bis 1883 und erste Entscheidungen ihrer Anwendung 338

Krawczack, L.; Odin, A.
Einfluß des Oberwellengehaltes auf den systematischen Fehler von Wechselspannungsmeßgeräten mit Gleichrichterbaugruppen 340

Biesenack, H.
Einfluß der Streureaktanz auf Auslegung und Betriebsverhalten drehzahlgestellter Asynchronmotoren 343

Steinbach, H.
Berührungslose Temperaturmessung an rotierenden Teilen elektrischer Maschinen 345

Umschau

Fachtagungen 347

Kurzberichte 351

Dissertationen 355

Wir stellen vor 356

Zeitschriften 357

Bücher 358

AKTUELLE INFORMATION

COMPUTER ANALYSIS OF IMAGES AND PATTERNS (CAIP'87)

Internationale Tagung (im Abstand von zwei Jahren)

Zeit: 22. bis 24. April 1987
Ort: Berlin: Kongreßzentrum im Palasthotel
Veranstalter: Fachausschuß „Automatische Bildverarbeitung" der WGMA der KDT mit Unterstützung durch nationale Organisationen und Betriebe der DDR (GI DDR; AdW; VEB Kombinat Robotron; VEB Kombinat Carl Zeiss JENA)

Inhaltliche Schwerpunkte

— Bildverarbeitung
— Maschinensehen
— Mustererkennung

Der Tagungsband erscheint im Akademie-Verlag Berlin.

Anfragen

und Anmeldungen (Termin: 1. Oktober 1986) sind zu richten an:

Dr. Reinhard Klette
Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse
Kurstraße 33
Berlin
1086
R. Klette, Berlin EA 2274

Wissenschaftlich-technischer Fortschritt und Energiewirtschaft

VIII. Wissenschaftliche Konferenz für Energiewirtschaft

Zeit: 22. bis 24. April 1987
Ort: Ingenieurhochschule Zittau
Veranstalter: Senat und Wissenschaftlicher Rat der IHZ

Inhaltliche Schwerpunkte

Zuverlässige und effektive Energieversorgung der Gesellschaft (Session I)

Kohle- und Kernkraftwerke (Session II)

Stabiler Betrieb von Elektroenergieversorgungssystemen (Session III)

Rationeller Energieeinsatz in industriellen Energieumwandlungs- und Anwendungsanlagen (Session IV)

Instandhaltung und technische Diagnostik (Session V)

Rechnergestützte Arbeit des Ingenieurs und des Ökonomen (Session VI)

Energie und Gesellschaft (Session VII)

Wissenschaftliche Rahmenveranstaltungen

- IX. Zittauer Kernenergiegespräch
- Errichtung von Kernkraftwerken
- Rationelle Energieanwendung
- Regimesteuerung von Elektroenergieversorgungsnetzen
- Entwicklungstendenzen in der Verrechnungstechnik für Elektroenergie
- Zur Methodologie der Geschichtsschreibung in der Energiewirtschaft
- Einbindung der Informatik in die Ausbildung von Ingenieuren und Ökonomen der Energiewirtschaft

Anfragen

Prof. Dr. rer. nat. G. Schumann
Prorektor für Naturwissenschaften und Technik
Telefon: 610; Telex: 284240
Ingenieurhochschule Zittau
Theodor-Körner-Allee 16
Zittau
8800
G. Schumann, Zittau EA 2202

Qualitätssicherung und Zuverlässigkeitsarbeit für Schlüsseltechnologien

8. Zuverlässigkeitstagung mit internationaler Beteiligung aus den RGW-Ländern

Zeit: Mai 1987
Ort: Leipzig
Veranstalter: Fachverband Elektrotechnik in der Kammer der Technik; Wissenschaftliche Sektion „Qualitätssicherung und Zuverlässigkeit"

Inhaltliche Schwerpunkte

Theoretische Grundfragen der Zuverlässigkeitstechnik

- Modellierung der Zuverlässigkeit technischer Systeme
- Systeme mit mehreren Niveaus der Funktionstüchtigkeit (Leistungssysteme, Funktionseffektivität, Importanzanalyse)
- Zuverlässigkeit von Netzen
- Fehlertolerante Systeme

Ausfallmechanismen und Ausfallanalyse

- Screaningmethoden
- Beschleunigung der Ausfallmechanismen
- Methoden der Fehleranalyse

Fertigungsprozeß und Zuverlässigkeit

- Einfluß der Technologie auf die Zuverlässigkeit der Erzeugnisse
- Zuverlässigkeit von Fertigungsprozessen

Zuverlässigkeit unter Umgebungsbeanspruchungen

- Konstruktive und prüftechnische Zuverlässigkeitssicherung bei mechanisch und klimatisch beanspruchten Erzeugnissen
- Degradations- und Störmechanismen für umweltbeanspruchte Bauteile und Geräte
- Klassifizierung von Umgebungseinflüssen und Ableitung zugeordneter Prüfschärfen

Qualität der Software

- Grundfragen (Qualitätsmerkmale, Bewertung, Schnittstellen zur Hardwarequalität)
- Qualitätssicherung im Prozeß der Softwareherstellung- und Nutzung.

Anfragen

sind schriftlich zu richten an:

Kammer der Technik
— Präsidium —
Fachverband Elektrotechnik
Postfach 1315
Berlin
1086
H. Hoppe, Berlin EA 2275

11. Wissenschaftliche Konferenz der Technischen Universität Dresden

1. Wissenschaftliche Konferenz der Sektion Elektrotechnik mit internationaler Beteiligung

Zeit: 10. bis 12. November 1987
Ort: Dresden
Veranstalter: Sektion Elektrotechnik der Technischen Universität Dresden gemeinsam mit dem Bezirksvorstand Dresden der Kammer der Technik unter der Schirmherrschaft des Ministers für Elektrotechnik/Elektronik

Im Mittelpunkt der Konferenz stehen Probleme der rechnergestützten Ingenieurarbeit, insbesondere des rechnergestützten Entwurfs, der rechnergestützten Betriebsführung und der rechnergestützten Überwachung von elektroenergetischen Systemen und Geräten.
Darüber hinaus werden neue Ergebnisse zu Meß- und Prüftechnik sowie zur Automatisierung von elektrotechnischen Systemen und Anlagen unter Nutzung der Mikroelektronik und Rechentechnik vorgestellt und der Einfluß von Technologie- und Werkstoffentwicklung auf den Innovationsprozeß in der Elektrotechnik diskutiert.
Mit der Konferenz erinnert der Veranstalter gleichzeitig an den 75. Jahrestag der Inbetriebnahme der ersten 110-kV-Übertragung in Europa von Riesa nach Lauchhammer.

Inhaltliche Schwerpunkte

Übersichtsvorträge

- rechnergestützter Entwurf elektrotechnischer Betriebsmittel
- Simulation und rechnergestützte Entwicklung von Systemen der Automatisierungs- und Elektroenergietechnik
- CAD/CAM-Systeme für elektrische Maschinen
- Neue Anforderungen an die Ingenieurausbildung Elektrotechnik
- zum 75. Jahrestag der Inbetriebnahme der ersten 110-kV-Übertragung in Europa

Themengruppen

— Rechnersteuerung und rechnergestützter Entwurf von Antrieben und Automatisierungsanlagen (A)
— Rechnereinsatz in der Elektroenergieversorgung (E)
— Alterung und Zuverlässigkeit von elektrotechnischen Betriebsmitteln (H)
— Rechnergestützte Auslegung und Prüfung elektrischer Maschinen (M)

Anfragen

Kammer der Technik
Bezirksvorstand Dresden
SB Wissenschaft und Technik
Basteistraße 5 — Postfach
Dresden
8020
E. Paulig, Dresden EA 2273

Erfindertätigkeit im Kombinat VEB LEW „Hans Beimler"

Von
Pat.-Ing. Peter Richter
Leiter des Büros für Schutzrechte
Kombinat VEB Lokomotivbau-Elektrotechnische Werke „Hans Beimler"

Dr. jur. Helmut Rose
Humboldt-Universität Berlin
Sektion Rechtswissenschaft
Bereich Wissenschaftlich-technischer Rechtsschutz

Von den Werktätigen des Kombinates VEB Lokomotivbau-Elektrotechnische Werke „Hans Beimler" werden wichtige Investitionsgüter, Rationalisierungsmittel und Halbzeuge für viele Bereiche der Metallurgie, der metallverarbeitenden Industrie, der Elektroindustrie, der Elektronik und des Schienentransportwesens sowie hochwertige Konsumgüter hergestellt. Die Entwicklung der Erzeugnisse erfolgt in enger Wissenschaftskooperation mit Einrichtungen des Ministeriums für Hoch- und Fachschulwesen, der Akademie der Wissenschaften und dem Forschungsinstitut Manfred von Ardenne sowie zahlreichen Betrieben und Institutionen der DDR und des Auslandes, insbesondere der UdSSR. Sichtbaren Ausdruck findet der in den LEW-Erzeugnissen realisierte wissenschaftlich-technische Erkenntnisstand in der Anmeldung von mehr als 1000 erfinderischen Ergebnissen zum Patent und deren Praxiswirksamkeit, aber auch in der Auszeichnung mit 35 Goldmedaillen und 5 Urkunden des Leipziger Messeamtes für Exponate aller Erzeugnisgruppen. Hervorragende Beispiele sind die Entwicklung und Bereitstellung von Schienentriebfahrzeugen zur Sicherung des Traktionsprogramms der Deutschen Reichsbahn, wie die elektrische Vollbahnlokomotive BR 243 mit 28 patentfähigen Lösungen, und von Anlagen für die Erzeugung und Nachbehandlung von Kupferfolie als Ausgangsmaterial für die Herstellung von kupferkaschiertem Halbzeug, das nach weiteren Bearbeitungsstufen in die modernen Geräte der Rundfunk- und Fernsehtechnik, der Unterhaltungselektronik, der Meß- und Regeltechnik oder elektronischen Datenverarbeitung eingeht, mit 25 patentfähigen Ergebnissen. Allein in den 36 Jahren des Bestehens der DDR wurden den Anwendern nahezu 12000 Schienentriebfahrzeuge, 13000 Elektroindustrieöfen und 9000 Schweißmaschinen zur Verfügung gestellt. Praktische Erfahrungen aus der wirtschaftlichen Entwicklung des Kombinates bestätigen eindrucksvoll die Feststellung des Genossen Günter Mittag, daß die auf dem Weg der Intensivierung erfolgenden tiefgreifenden Veränderungen in der Ökonomie, die alle in Richtung auf höhere Effektivität zielen, nur zu erreichen waren und möglich sind, indem die sozialistische Planwirtschaft weiterentwickelt und vervollkommnet wird. [1]

Das Kombinat VEB LEW „Hans Beimler" verfügt über ein bewährtes Instrumentarium der Leitung und Planung von Wissenschaft und Technik. Bereits in den sechziger Jahren erkannte das Leitungskollektiv des jetzigen Stammbetriebes, daß das Hervorbringen und Verwerten von Erfindungen in die Planung von Wissenschaft und Technik einbezogen werden kann und muß. Dafür gab es zwei Gründe. Erstens darf es nicht allein den Themenbearbeitern in der Forschung und Entwicklung überlassen werden und damit auch mehr oder weniger nicht vom Zufall abhängig sein, ob die gestellten wissenschaftlich-technischen Aufgaben mit Hilfe eines neuen Lösungsprinzips oder durch Anwendung des bekannten Standes der Technik realisiert werden, sondern dies muß durch die Art und das Niveau der Aufgabenstellung und somit der Leitungstätigkeit bestimmt sein. Zweitens erfordert die Erarbeitung erfinderischer Lösungen und deren produktive Anwendung besondere materiell-technische, ökonomische und informatorische Bedingungen, die es leitungsseitig abzusichern und zu optimieren gilt. Dabei zeigte sich, daß die Planung der Erfindertätigkeit weniger ein methodisches Problem ist, als vielmehr eine politisch-ideologische Aufgabenstellung. Entscheidend sind hierbei der Einfluß der Parteiorganisation, die Haltung der verantwortlichen Leiter und die Tätigkeit des Büros für Schutzrechte (BfSR).

Wie ist es im Kombinat gelungen, anfängliche Vorbehalte gegenüber der Planung der Erfindertätigkeit aus dem Weg zu räumen?

Voraussetzung dazu war und ist das genaue Studium des Marktes sowie der wichtigsten Konkurrenzerzeugnisse. Nur durch eine konsequente und selbstkritische Einschätzung des Entwicklungsstandes unserer eigenen Erzeugnisse und Produktionsverfahren ist es möglich gewesen, die Suche nach international neuen, eigenen technischen Lösungen zu vertiefen und mancherorts geäußerte Zweifel an der Planbarkeit des erfinderischen Schaffens zu beseitigen. Wissenschaftlich-technische Kader lassen sich am ehesten und am besten durch die wissenschaftlich-technische Arbeit selbst sowie durch ihre eigenen Arbeitsergebnisse von der Notwendigkeit der Planung erfinderischer Aufgaben überzeugen. Bediente man sich zu Beginn der Planung der Erfindertätigkeit quantitativer Kennziffernvorgaben, so wurden später diese Kennziffern zum großen Teil den thematischen Aufgaben zugeordnet. Dieser Zuordnung gingen entsprechende Abstimmungen zwischen dem BfSR und den Themenleitern voraus. Mit der obligatorischen Einführung der Pflichtenhefte als wichtiges Führungsdokument auf dem Gebiete der Planung von Wissenschaft und Technik konnte die planmäßige Gestaltung der Erfindertätigkeit weiter qualifiziert werden. So wurde z. B. die Möglichkeit eingeräumt, die wissenschaftlich-technische Aufgabenstellung durch erfinderische Ziele auf der Basis der Weltstandsvergleiche, Trend-, Schutzrechts- und Marktanalysen zu ergänzen. [2]

Wie stellt sich gegenwärtig in Grobumrissen der Prozeß der Planung der erfinderischen Tätigkeit im Kombinat dar?

Ausgangspunkt für die Planung der Erfindertätigkeit als integrierter Bestandteil der Planung von Wissenschaft und Technik ist die Festlegung von Schwerpunkten des erfinderischen Schaffens [3] sowie der Zielstellungen zur Entwicklung der Erfindertätigkeit im Kombinat und ihres volkswirtschaftlichen Nutzens. Es wirkt sich fördernd auf die Planung der Erfindertätigkeit aus, wenn die Schwerpunkte des erfinde-

rischen Schaffens und die Zielstellungen zur Entwicklung der Erfindertätigkeit Eingang in die Plandiskussion des Planentwurfs Wissenschaft und Technik finden, wobei es vorteilhaft ist, daß der Diskussion der Planaufgaben eine gründliche Vorbereitung durch diesbezügliche Abstimmungen zwischen dem Direktor für Wissenschaft und Technik und dem BfSR vorausgehen. Diesem Zweck dient bei der Ausarbeitung des Planes Wissenschaft und Technik der gesonderte Teil „Aufgaben des wissenschaftlich-technischen Rechtsschutzes", mit dem in den Entwicklungsbereichen unter Einbeziehung des BfSR darüber entschieden wird, welche thematischen Aufgaben entsprechend den wirtschafts-politischen Zielen zu welchem Zeitpunkt mit erfinderischen Ergebnissen zu lösen sind. Ein Irrweg wäre es, das ursprüngliche Niveau einer wissenschaftlich-technischen Aufgabe durch die Vorgabe von erfinderischen Zielen den Erfordernissen des Weltstandes anpassen zu wollen. Primär geht es folglich um den Charakter und das Niveau der wissenschaftlich-technischen Aufgabe sowie der ökonomischen Zielstellung und den daraus abgeleiteten erfinderischen Zielen. Nachhaltige Impulse gehen auf die Erfindertätigkeit immer dann aus, sobald die Planziele des erfinderischen Schaffens auch ihren Niederschlag in den Wettbewerbsverpflichtungen der Entwicklungskollektive bis hin zu den persönlich-schöpferischen Plänen und Ingenieurpässen der einzelnen Kader finden.
Während in den Plandiskussionen, an denen auch das BfSR teilnimmt, die konkreten wissenschaftlich-technischen Aufgaben und erfinderischen Ziele naturgemäß nur ein Diskussionsthema unter vielen anderen mit dem Plan Wissenschaft und Technik tangierenden Themen sind, verhält sich das bei den Themenverteidigungen anders [4].
Mit der Eröffnungsverteidigung wird bekanntlich die Entscheidung über die ökonomischen Ziele der Forschungs- und Entwicklungsaufgabe und die daraus abgeleitete wissenschaftlich-technische Aufgabenstellung getroffen. Deshalb ist es von ausschlaggebender Bedeutung, daß hierbei die Planung erfinderischer Ziele und die relevanten schutzrechtlichen Aufgaben ausreichend Beachtung finden. Nicht geringen Einfluß darauf hat der Leiter des jeweiligen Verteidigungsgremiums und das BfSR selbst, das durch aktives Auftreten stets all die Fragen aufwerfen muß, die sich aus schutzrechtlicher Sicht zur Lösung der wissenschaftlich-technischen Aufgabe sowie der Erfüllung der ökonomischen Ziele ergeben. Günstig ist hierbei die Erarbeitung eines entsprechenden Standpunktes durch das BfSR. Großes Gewicht fällt gegebenenfalls auch der Erörterung der Schutzrechtskonzeption [5] zu, die in Übereinstimmung mit dem Plfichtenheft zu erarbeiten und im Rahmen der Eröffnungsverteidigung zur Bestätigung vorzulegen ist. Bei einem Teil der Pflichtenhefte werden noch nicht detailliert diejenigen wissenschaftlich-technischen Aufgaben bestimmt, die zu Lösungen mit erfinderischem Niveau führen und damit dem gesellschaftlich notwendigen Neuheitsgrad des gesamten Erzeugnisses oder Verfahrens bewirken sollen. In solchen Fällen wird zumeist mit allgemeinen Zielen dergestalt operiert, daß nach Abschluß einer bestimmten Arbeitsstufe und Lösung von Aufgaben des Planes Wissenschaft und Technik eine Erfindung erbracht werden soll. Günstiger ist aber, und dies wird auch angestrebt, wenn Baugruppen und -elemente eines Erzeugnisses bzw. Verfahrensstufen benannt werden, deren wissenschaftlich-technisches Niveau durch erfinderische Lösungen determiniert werden soll. Dabei können von den Recherchen[1]) zum Stand der Technik mit Hilfe von Patentinformationen und von den Schutzrechtssituationsberichten wichtige Orientierungen ausgehen.
Selbstverständlich muß sich die Verwirklichung schutzrechtlicher Aufgaben und die Erfüllung erfinderischer Ziele auch in den Zwischenverteidigungen und in der Abschlußverteidigung widerspiegeln. Sie müssen zu einem wesentlichen Kriterium der Leistungsbewertung der Entwicklungskollektive gemacht werden.
Schwierigkeiten bereitet zweifellos die Vorgabe der Qualität der zu erarbeitenden Erfindungen. In diesem Zusammenhang hat es sich bewährt, die erfinderischen Ziele für Aufgaben der Erzeugnis- und Verfahrensentwicklung bis zur Nomenklaturstufe K 3/V 3 zu planen. Erfindungen bedeuten in der Regel erhöhten Forschungs- und Entwicklungsaufwand, da technisches Neuland beschritten und nicht auf Bekanntes zurückgegriffen wird. Dabei sind bestimmte Risiken einzukalkulieren und Anpassungen bei der Überleitung in Rechnung zu stellen.
Als hervorragende Leitungsinstrumente haben sich im Kombinat die langfristige Konzeption zur Schutzrechtsarbeit und die jährliche Führungskonzeption für die Erfindertätigkeit und Schutzrechtsarbeit erwiesen, die vom Generaldirektor bestätigt und für verbindlich erklärt werden. Die jährliche Führungskonzeption enthält die wichtigsten Zielstellungen für das erfinderische Schaffen und die Nutzung von durch Wirtschaftspatent geschützten Erfindungen im Kombinat. Nach den Ergebnissen vorangegangener Planjahre und den aktuellen wirtschaftspolitischen Aufgaben des Kombinats werden die Zielstellungen für die Bereiche des Stammbetriebes und für die Betriebe des Kombinats aufgeschlüsselt. Zugleich werden konkrete Leitungsaufgaben zur Erfüllung der Ziele fixiert, die sich auf die Schutzrechtsarbeit, die Arbeit mit den Pflichtenheften, die Führung des sozialistischen Wettbewerbs und des Leistungsvergleichs, die Tätigkeit des BfSR, die Überleitung und Nachnutzung von Erfindungen, die materielle und moralische Stimulierung sowie die Qualifizierung der Kader erstrecken. Auf der Grundlage dieser Führungskonzeption haben die Betriebsdirektoren der einzelnen Kombinatsbetriebe spezifische Maßnahmepläne zu erarbeiten, die in das Leitungs-, Planungs- und Kontrollsystem von Wissenschaft und Technik fest einzubinden sind.
Eine richtungweisende Funktion kommt der langfristigen Konzeption zur Schutzrechtsarbeit im Kombinat zu. Sie wird für jeweils 5 Jahre erstellt und jährlich konkretisiert.

In ihr sind die Zielstellungen nach

— Anzahl der zum Patent anzumeldenden Erfindungen
— Benutzungsgrad der Erfindungen und
— der Entwicklung des volkswirtschaftlichen Nutzens aus der Erfindertätigkeit

festgeschrieben.

Einen besonderen Stellenwert nehmen dabei die erzeugnisgruppenbezogenen Orientierungen für die Erfindertätigkeit und Schutzrechtsarbeit ein. Solche langfristigen Konzeptionen zur Schutzrechtsarbeit sind auch für die Kombinatsbetriebe verbindlich vorgeschrieben.
Die langfristige Konzeption zur Schutzrechtsarbeit steht in engem Bezug zur Forschungskonzeption, Außenwirtschaftskonzeption, Lizenzkonzeption und anderen konzeptionellen Dokumentationen des Kombinats.

[1]) Siehe auch S. 354 bis 355 in diesem Heft.

Literatur

[1] Mittag, G.: Theoretische Verallgemeinerung der Erfahrungen der Entwicklung der Kombinate für die Leistungssteigerung in der Volkswirtschaft, insbesondere bei der Nutzung der qualitativen Faktoren des Wachstums. Wirtschaftswissenschaft, Berlin 32 (1984) 1, S. 56
[2] Verordnung über das Pflichtenheft für Aufgaben der Forschung und Entwicklung vom 17. 12. 1981. Gbl. I (1982), Nr. 1, S. 1
[3] Beschluß des Ministerrates der DDR über Maßnahmen zur Förderung der Erfindertätigkeit vom 2. 3. 1978. Gbl. I (1978), Nr. 7, S. 101
[4] 1. DB zur Verordnung über das Pflichtenheft für Aufgaben der Forschung und Entwicklung vom 23. 11. 1983. Gbl. I (1983), Nr. 36, S. 381
[5] Verordnung über die Arbeit mit Schutzrechten vom 31. 1. 1980. Gbl. I (1980), Nr. 7, S. 49

EA 2154

Ansteuerung eines Sechspulsgleichrichters durch einen 8-Bit-Mikroprozessor

J. Kaschel, KDT; V. Müller, KDT; A. Stoev, KDT; Dresden

Der gegenwärtige Entwicklungsstand der Mikroelektronik erlaubt die vollständige Digitalisierung eines Gleichstromantriebs einschließlich der Ansteuerung des Leistungsteils. Auf Grund der Möglichkeiten, die frei programmierbare Mikroprozessoren bieten, ist es nicht mehr notwendig, sich, wie in der Analogtechnik, auf standardisierte Bausteine mit Proportional-, Integral- und Differentialverhalten beim Reglerentwurf zu beschränken, sondern es können hochwertige Abtastregelungen Anwendung finden, beispielsweise Regler mit endlicher Einstellzeit bzw. Dead-beat-Regler. Digitale Regler ersetzen nicht nur einen oder mehrere analoge Regler, vielmehr können sie auch zusätzliche Funktionen ausführen, zu denen Selbstoptimierung und Adaption gehören. Damit eröffnet sich die Möglichkeit, elektrische Antriebe bei relativ geringem Hardwareaufwand mit modernen und schnellen Regelungssystemen auszustatten. Eine Vielzahl von Veröffentlichungen (z. B. [1] bis [4]) berichten über erfolgreiche Arbeiten auf diesem Gebiet.
Bei Beibehaltung der bewährten Kaskadenstruktur hängt die Qualität des Drehzahl- oder Lageregelkreises eines Gleichstromantriebs entscheidend vom Regelverhalten des unterlagerten Stromregelkreises ab. Die Ankerstromregelung kann nur im Zusammenwirken mit Netzsynchronisation, Strommessung und Ansteuerung zu einem befriedigenden dynamischen und stationären Verhalten des Ankerstromkreises führen. Im folgenden soll eine von den bisher bekannten Veröffentlichungen abweichende Methode der Ansteuerung eines Umkehrstromrichters in 6-Puls-Brückenschaltung durch einen 8-bit-Mikrorechner auf der Basis des U 880 behandelt werden, während auf Probleme der Regelung und Strommessung im Ankerkreis in diesem Beitrag nicht eingegangen wird.

1. Ansteuerverfahren

Von einem digitalen Ansteuergerät wird gefordert, daß es die vom Regler berechnete Stellgröße $y\,(n)$ so exakt und schnell wie möglich umsetzt. Dabei sind folgende Teilaufgaben zu erfüllen:

1. Netzsynchronisation über interruptfähige Eingänge des Mikrorechnersystems (PIO), eventuell mit unterlagertem Phasenregelkreis
2. Bildung der Zündverzögerung T_α und der Zündimpulslänge T_Z über programmierbare Zähler-/Zeitgeberbausteine (CTC)
3. Ausgabe des entsprechenden Zündmusters zur Ansteuerung der Thyristoren über Ausgabekanäle (z. B. PIO).

Es sind zwei Methoden zur Umsetzung der Stellgröße in Zündverzögerungszeiten T_α durch Berechnung der Zeitkonstanten der CTC-Kanäle und deren Ausgabe denkbar:

1. Durchlaufender Zeitgeberkanal [2]:
   Bei diesem Verfahren wird während eines Zählvorgangs die jeweils nächste Zeitkonstante im Zeitkonstantenregister vorbereitet und bei Nulldurchgang des Zählers automatisch nachgeladen.
2. Neustart des Zeitgeberkanals in den Abtastzeitpunkten [4]:
   Dabei wird der Zeitgeberkanal nach Ablauf der vorgegebenen Zeit gestoppt (Ausgabe der Zündimpulse) und in einem folgenden Abtastzeitpunkt mit der entsprechenden Zeitkonstante neu gestartet.

Die Variante mit durchlaufendem Zähler hat folgende Vorteile:

— Es wird nur ein Zeitgeberkanal benötigt.
— Dieser Kanal wird nicht von den Netznulldurchgängen beeinflußt, d. h., er kann gleichzeitig für eine digitale Phasenregelschleife benutzt werden.

Dipl.-Ing. *Joachim Kaschel* ist wissenschaftlicher Assistent. Dipl.-Ing. *Volkmar Müller* ist Forschungsstudent an der TU Dresden, Sektion Elektrotechnik, Bereich Automatisierungstechnik. Dipl.-Ing. *Alexander Stoev* war z.Z. der Bearbeitung dieses Beitrages wissenschaftlicher Assistent an der TU Dresden, Sektion Elektrotechnik.

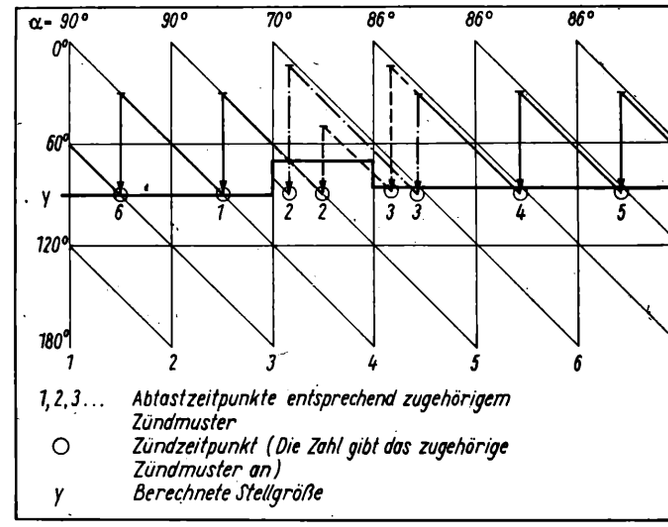


Bild 1. *a*) —.— Änderung der Zündverzögerungszeit zu den Abtastpunkten
b) ——— Änderung der Zündverzögerungszeit bei Nachladen des Zählers zum Zeitpunkt der Zündimpulsausgabe

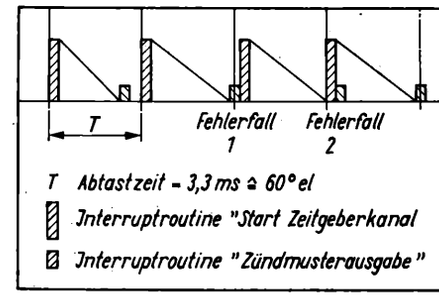


Bild 2. Fehlerfall *1*: Die Zündmusterausgabe besitzt die höchste Interruptpriorität, was zu einer Verschiebung des Interrupts der Netzsynchronisation führt.
Fehlerfall *2*: Besitzt dagegen die Netzsynchronisation die höchste Interruptpriorität, so setzt die Zündung verspätet ein.

— In einem rein interruptgesteuerten System tritt nur der Interrupt zur Zündimpulsausgabe auf.

Nachteile sind:

— Es ist eine genaue Kenntnis der Periodendauer notwendig, denn im stationären Fall wird die Periodendauer T (3,3 ms = 60° el) als Zeitkonstante nachgeladen. Eine eventuelle Abweichung der tatsächlichen Periodendauer von der im Mikrorechner vorgegebenen, wird dabei als Fehler aufintegriert.
— Infolgedessen muß eine Phasenregelung überlagert sein, um den stationären Arbeitspunkt zu sichern.
— Um kurze Anregelzeiten zu erhalten, muß die laufende Zeitkonstante zum Abtastzeitpunkt so geändert werden, daß sie der neuen Zündverzögerungszeit entspricht (Bild 1, Fall *a*). Ansonsten entsteht eine um eine Abtastperiode vergrößerte Anregelzeit (Bild 1, Fall *b*).

Beim Start von Zeitgeberkanälen zu einem festen Abtastzeitpunkt wird je nach Realisierungsvariante meist mehr als ein Zeitgeberkanal benötigt [4]. Diese Ansteuervariante hat jedoch folgende Vorteile:

— Es ist keine Änderung der Zeitkonstanten des laufenden Zeitgeberbausteins notwendig (verringerter Rechenaufwand).
— Eine Integration des Fehlers der Periodendauer erfolgt nicht, da die Zeitgeberkanäle zu den Abtastzeitpunkten neu gestartet werden. Damit ist eine einfache Synchronisationsvariante möglich.

Nachteilig ist, daß die Genauigkeit der Ansteuerung auch davon abhängig ist, daß die Zeitgeberkanäle zur Bildung der Zündverzögerungszeit T_α verzögerungsfrei gestartet und die Zündmuster sofort nach dem Nulldurchgang des Zündverzögerungskanals ausgegeben werden. In einem rein interruptgesteuerten System können sich an bestimmten Arbeitspunkten zeitliche Überschneidungen ergeben (Bild 2), so daß ein Fehler bei der Realisierung der Zündverzögerungszeit auftritt. Aus diesem Grund sollte entweder die Ausgabe der Zündimpulse oder der Start der Zündverzögerungskanäle hardwaremäßig erfolgen.

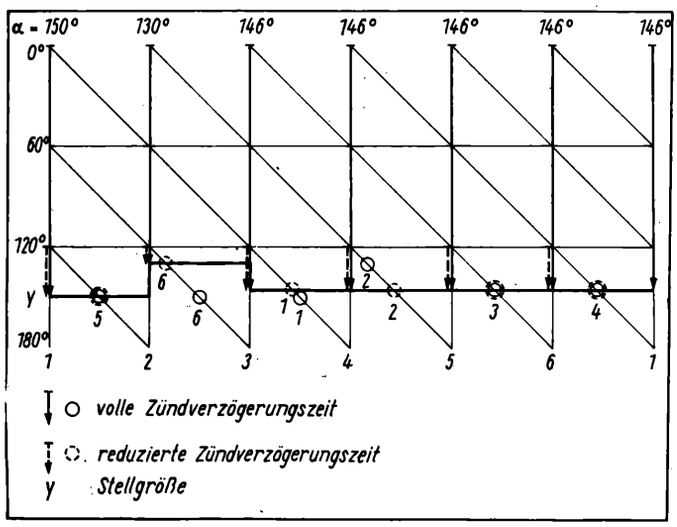


Bild 3. Zeitgeberkonstante und zugehörige Zündung für volle und für reduzierte Zündverzögerungszeit

q	T_I	T_{II}	T_{III}	T_{IV}	T_V	T_{VI}
1	x	x				
2		x	x			
3			x	x		
4				x	x	
5					x	x
6	x					x

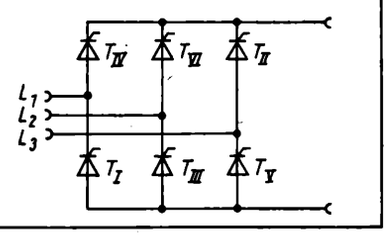
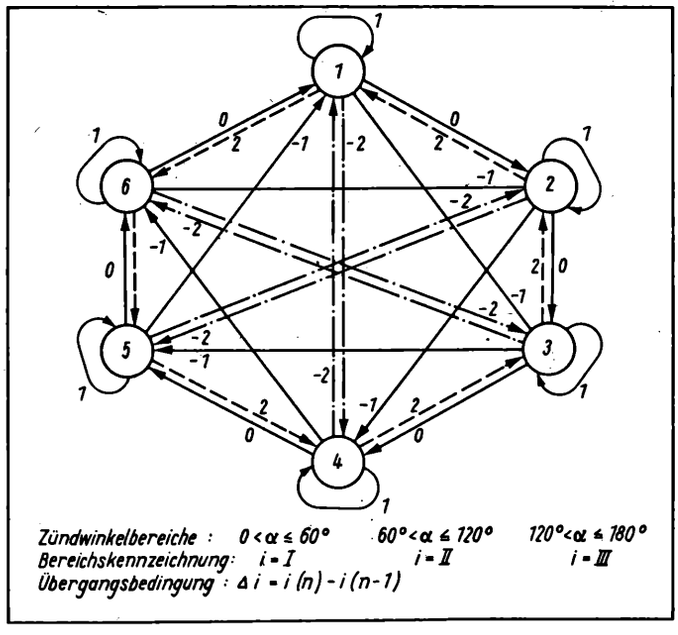


Bild 4. Definition der Zustände

2. Ansteuerung in Zündwinkelbereichen

Die weiteren Ausführungen gehen speziell auf die zweite Variante ein. Die zunächst naheliegende Lösung besteht in der Verwendung von drei Zeitgeberkanälen zur Ansteuerung der drei Phasen, die zur Bildung von T_α in den Abtastzeitpunkten ($\alpha = 0$) jeweils nacheinander gestartet werden. Ungünstig ist neben dem Aufwand von drei Zeitgeberkanälen, daß diese den Zündwinkelbereich von $0° \cdots 180°$ überstreichen müssen. Daraus folgt bei Benutzung von 8-bit-Zählern eine Auflösung von rund 0,7° el. Das ist ungenügend. Weiterhin führt diese Methode zu einer nicht notwendigen erhöhten Anregelzeit.

Bild 5. Darstellung der Zündmaskenwechsel im Zustandsdiagramm



Diese zusätzliche Zeit beträgt in den Zündwinkelbereichen (s. Bild 3)

$60° \leqq \alpha \leqq 120°$: 1 Abtastperiode (3,3 ms)
$120° < \alpha \leqq 180°$: 2 Abtastperioden (6,6 ms).

Diese Nachteile lassen sich beseitigen, indem man die Laufzeit für die Zeitgeberkanäle zur Realisierung der Zündverzögerungszeit T_α auf eine Abtastperiodendauer begrenzt und größere Zündverzögerungszeiten durch zusätzliche Zündmaskensprünge verwirklicht. Zur Ausnutzung der vollen Stellreserve des Stromrichters ist dementsprechend eine Festlegung von 3 Zündwinkelbereichen zu je 60° notwendig. Es ergibt sich somit folgende Berechnungsvorschrift zur Bestimmung von T_α aus der errechneten Stellgröße $y\,(n)$:

Bereich			Zündmaske
I.	$T_\alpha = 3T - y\,(n)$ für	$y\,(n) \geqq 2T$	$M\,(n)$
II.	$T_\alpha = 2T - y\,(n)$ für	$2T < y\,(n) \leqq T$	$M\,(n-1)$
III.	$T_\alpha = T - y\,(n)$ für	$T \leqq y\,(n)$	$M\,(n-2)$.

Das Zündmuster $M\,(n)$ stellt dabei die Kombination von Zündimpulsen (Haupt- und Nachimpulse) dar, deren Ausgabe bei $T_\alpha = 0$ die höchste Spannung ergeben würde (Bild 4).
Die Übergänge dieses getakteten Systems von Zündmaskenwechseln lassen sich übersichtlich in einem Zustandsdiagramm darstellen (Bild 5). Die Taktfrequenz, die zu den Zustandsübergängen führt, ist die Synchronisationsfrequenz (300 Hz). Es sind bei jeder der angegebenen Zündwinkelkombinationen fünf Möglichkeiten des Überganges denkbar.

— Wenn kein Bereichswechsel vorliegt ($\Delta i = 0$), wird auf die nächste Kombination übergegangen.
— Wenn um einen Bereich in Richtung größere Stellgröße gesprungen wird ($\Delta i = -1$), erfolgte in Übergang auf die übernächste Kombination.
— Bei einem Sprung um zwei Bereiche in Richtung größere Stellgröße ($\Delta i = -2$) wird im Zustandsdiagramm um 3 Kombinationen weitergegangen.
— Bei Übergang um einen Bereich in Richtung kleinere Stellgröße kann noch einmal das gleiche Zündmuster ausgegeben werden ($\Delta i = 1$).
— Wenn um zwei Bereiche in Richtung kleinere Stellgröße gesprungen wird ($\Delta i = 2$), geht man auf die vorherige Kombination zurück.

Während die stationäre Arbeit innerhalb eines Zündwinkelbereiches für die Ansteuerung keine Probleme mit sich bringt und äußerst einfach zu realisieren ist, führen Zündwinkelsprünge über die Bereichsgrenze zu komplizierteren Verhältnissen, die im folgenden betrachtet werden sollen.

3. Übergänge zwischen den Zündwinkelbereichen

Die notwendigen Erläuterungen sollen anhand des Beispiels nach Bild 6 erfolgen. Darin sind der für einen Dead-beat-Regler typische Stellgrößenverlauf als Ergebnis eines Stromsollwertsprunges und die unterschiedlichen Umsetzungsmöglichkeiten der Stellgröße in Zündverzögerungswinkel mit den Auswirkungen auf den Ankerspannungsverlauf und den Ankerstrom gegenübergestellt. Der Mikrorechner muß für die Regelung folgende Differenzengleichung berechnen:

$$y\,(n) = K_1\, x_w\,(n) - K_2\, x_w\,(n-1) + y\,(n-2).$$

Zur Ermittlung der Zündzeitpunkte wurde dabei der Anschaulichkeit wegen die in der Analogtechnik gebräuchliche Darstellung mit Sägezähnen benutzt.
Die Betrachtung von Bild 6 zeigt, daß sich durch die Reduzierung von T_α auf Werte $T_\alpha < T$ die Anregelzeit innerhalb der Bereiche verringert, jedoch bei den Übergängen Probleme auftreten ($a \to b$, $b \to c$). Zuerst soll der Übergang $a \to b$ diskutiert werden. Ohne Zündwinkelbereichswechsel würde auf das Zündmuster *6* das Zündmuster *1* folgen. Es wird aber ein Zündmuster übersprungen. Dies resultiert aus dem Ansteueralgorithmus und führt zu einem Absinken des Stroms. Grundsätzlich muß bei Änderungen von $\Delta y < 60°$ jedes Zündmuster ausgegeben werden, um dies zu verhindern. Dazu sind zwei Möglichkeiten denkbar.

— Einfügen der Zündung $\ast$ zum Abtastzeitpunkt und deren Berücksichtigung im Stromregelalgorithmus
— Berechnung einer Zündung #, die den Strom in der ursprünglichen Höhe aufrecht erhält.

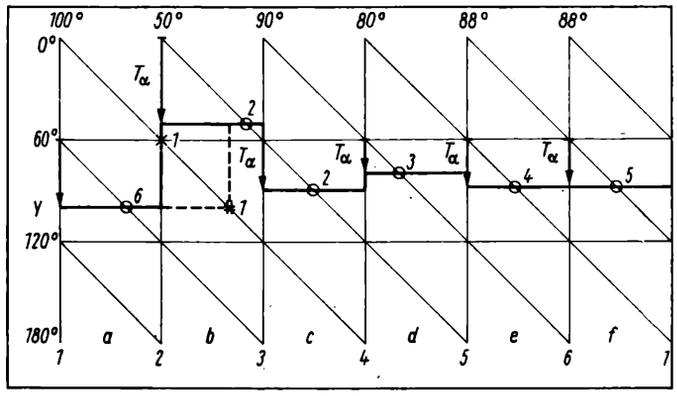


Bild 6a. Ansteuerung

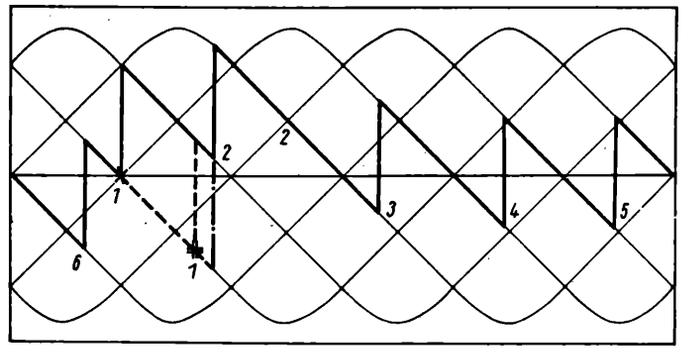


Bild 6b.
Resultierende Spannungsverläufe

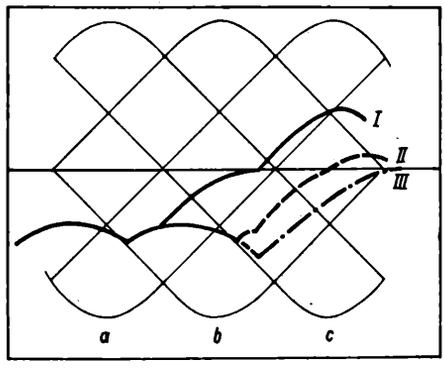


Bild 6c.
Resultierende Stromverläufe
I mit eingefügter Zwischenzündung am Abtastzeitpunkt
II Zündung am stationären Wert
III ohne eingefügte Zündung

Die erste Variante läßt sich relativ einfach realisieren, erfordert allerdings einen Regelalgorithmus mit Begrenzungsverrechnung. Die jeweilige Zündwinkelbereichsgrenze wird dabei als Begrenzung aufgefaßt. Der Regelalgorithmus muß also u. U. zweimal innerhalb des zeitkritischen Teils der Stromregelung (Zeit zwischen Übernahme des Sollwertes und Ausgabe der Stellgröße) abgearbeitet werden. Je nach Mikrorechnertyp und Regelalgorithmus ist das nicht immer möglich. Für Regler mit relativ geringer Proportionalverstärkung (betragsoptimale PI-Regler) kann eventuell ohne wesentliche Fehler auf eine Berücksichtigung dieser Zündung im Regelalgorithmus verzichtet werden. Das gleiche Verhalten hat auch eine Anordnung, bei der ein digitaler Stromregler zu den Abtastzeitpunkten über einen D/A-Wandler den Sollwert für eine analoge Ansteuerung vorgibt.

Im zweiten Fall muß aus den Vergangenheitswerten des Regelalgorithmus eine Stellgröße y_{Stat} berechnet werden, die den Strom in seiner ursprünglichen Höhe aufrechterhält. Dies kann im zeitunkritischen Teil für die nächste Periode im voraus geschehen.

Eine Betrachtung des Übergangs $b \rightarrow c$ zeigt, daß das gleiche Zündmuster (*2*) zweimal ausgegeben wird, also unwirksam ist. Daraus folgt im Bild 6, daß die Stellgröße $y = 90°$ nicht ausgegeben wird. Um den eingangs gestellten Forderungen zu entsprechen, muß eine Periode ohne Zündung eingeschoben werden (stromrichterbedingte Totzeit), d.h., in der Periode *d* muß die Stellgröße des Abtastzeitpunktes *3*, in der Periode *e* die Stellgröße des Abtastzeitpunktes *4* usw. ausgegeben werden, also jeweils $y\,(n-1)$. Das dynamische Verhalten gleicht jetzt dem der Ansteuerung mit drei Zeitgeberkanälen (vgl. Bild 3). Um den Vorteil der geringeren Anregelzeit innerhalb der Bereiche II und III nicht zu verlieren, kann also eine berechnete Stellgröße vom Ansteuergerät nicht umgesetzt werden.

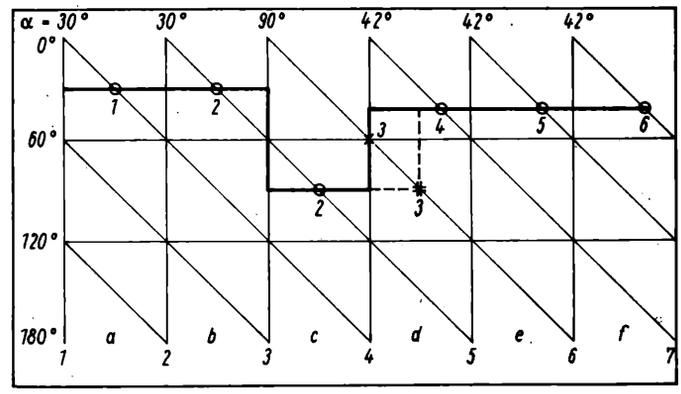


Bild 7a. Ansteuerung

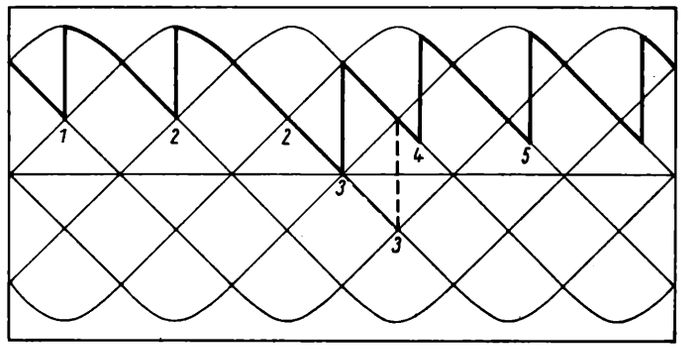


Bild 7b. Resultierende Spannungsverläufe

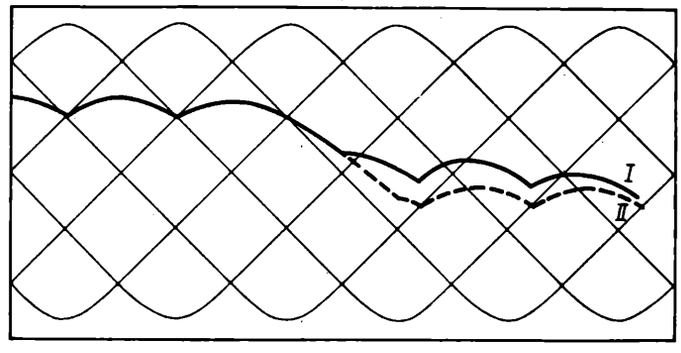


Bild 7c. Resultierende Stromverläufe
I mit eingefügter Zündung an den Abtastzeitpunkten
II Zündung entsprechend dem vorgegebenen Stellgrößenverlauf

Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß sich die Totzeit im Vorwärtszweig dabei um eine Periode verkürzt, ist dies bei entsprechender Beachtung im Stromregler möglich. Dabei kann ein Stromsollwert nicht berücksichtigt werden.

Eine weitere Möglichkeit des Zündwinkelbereichswechsels illustriert das Beispiel in Bild 7. Die Zündung im Abschnitt *c* (*2*) ist unwirksam. Zusätzlich wird ein Zündmuster übersprungen. Das Einfügen der Zündung zum Abtastzeitpunkt *4* (Zündung mit Zündmuster *3* (✳)) und Berücksichtigung im Regler wirkt als echte (aber nicht notwendige) Begrenzung, die entweder den Bereichswechsel nur hinausschiebt oder sogar zu einem sehr langsamen Anregeln führt. Die berechnete, aber im Abschnitt *c* nicht ausgebbare Zündung # muß im Abschnitt *d* ausgegeben werden.

Der Fall von Stellgrößenänderungen $\Delta y > 60°$el und damit das mögliche Überspringen von zwei Zündmustern ist bei schnellen Reglern (z.B. Dead-beat-Regler) und entsprechender Induktivität im Lastkreis technisch real, soll aber an dieser Stelle nicht erläutert werden. Er führt zu einer starken Unsymmetrie des Stromregelkreises und damit zu einem ungünstigen dynamischen Verhalten. Günstiger ist eine Begrenzung der Stellgrößenänderung auf $\Delta y \leqq 60°$ und damit eine gewisse Symmetrierung des Stromregelkreises.

4. Programmablaufplan der realisierten Ansteuerung

Der Programmablaufplan der Ansteuerung unter Voraussetzung nur eines Bereichswechsels innerhalb einer Abtastperiode ist im Bild 8 dargestellt.

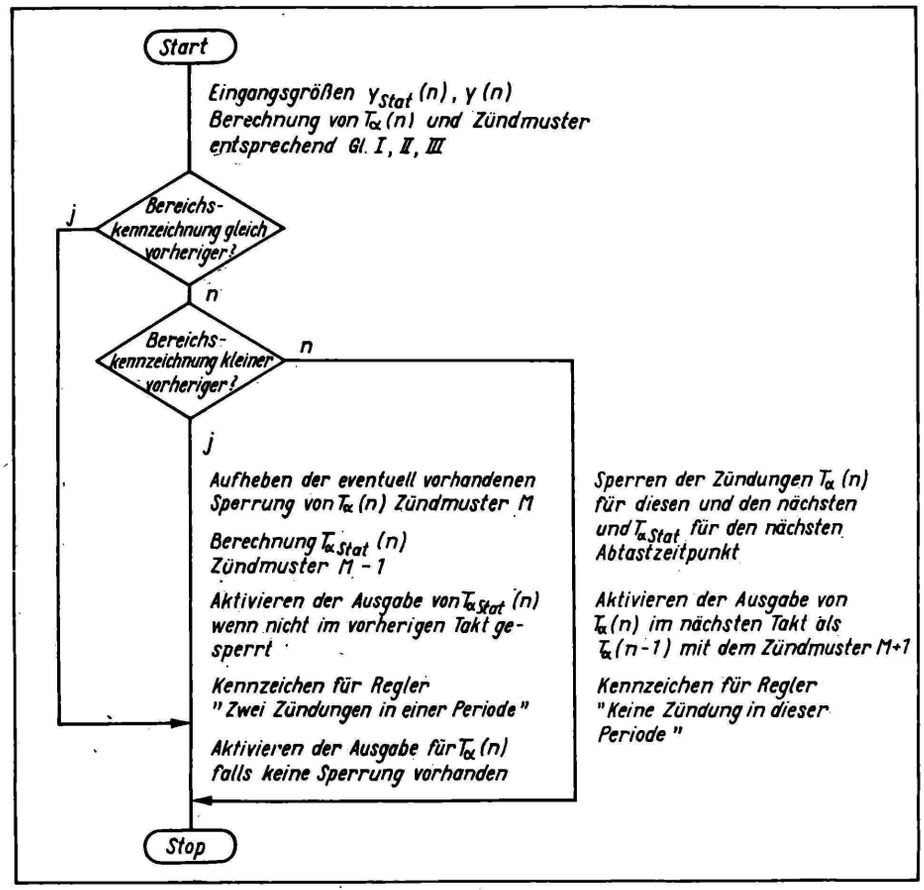


Bild 8. Programmablaufplan

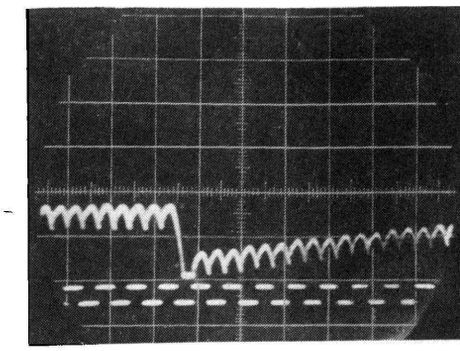


Bild 9. Stellgrößensprung über die Zündwinkelbereichsgrenze

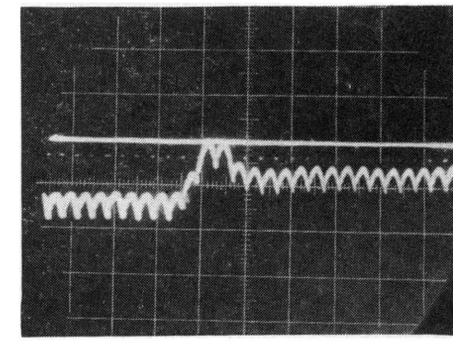


Bild 10. Stromregelung
Stromsollwertsprung um 0,25 I_{Nenn}

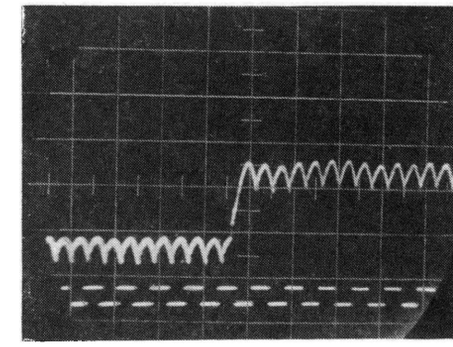


Bild 11.
Stromregelung
Stromsollwertsprung um 0,5 I_{Nenn}

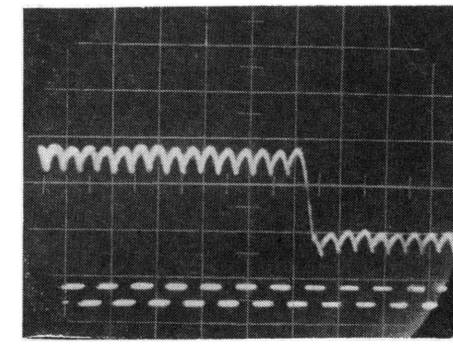


Bild 12.
Stromregelung
Stromsollwertsprung um 0,5 I_{Nenn}

5. Versuchsergebnisse

Die Ansteuerung wurde zusammen mit einem Dead-beat-Stromregler auf einem Mikrorechnersystem auf Basis des U 880 realisiert. Die folgenden Oszillogramme stellen die wesentlichen Betriebsfälle dar und wurden bei Stromsollwertsprüngen an einem 22-kW-Gleichstrommotor aufgenommen. Bild 9 zeigt einen gesteuerten Übergang über die Bereichsgrenze von größeren Zündverzögerungswinkeln nach kleineren. Dabei wurde keine Zündung eingefügt. Die fehlende Zündung bewirkt ein starkes Abfallen des Stroms. Eine solche Ansteuerung ist unbrauchbar. Bei Einfügen einer Zündung zum Abtastzeitpunkt und Schließen des Stromregelkreises ergibt sich ein Stromverlauf nach Bild 10. Das sehr große Überschwingen resultiert aus der großen Proportionalverstärkung des Dead-beat-Reglers. Bei Anwendung von betragsoptimalen PI-Regelalgorithmen bewirkt diese Zündung ein schnelleres Ansteigen des Stroms bzw. im umgekehrten Fall ein langsameres Absinken als es den vom Regler berechneten Werten entsprechen würde. Dieses wesentlich vereinfachte Verfahren liefert bei Reglern mit geringer Proportionalverstärkung akzeptable Ergebnisse.
Im Bild 11 ist ein Stromverlauf dargestellt, der einen Stellgrößenverlauf ähnlich Bild 6 entspricht, wobei die zusätzliche Zündung entsprechend dem stationären Wert # eingefügt wurde. Bei Verringerung des Stromsollwertes kann ein Stromverlauf wie in Bild 12 erreicht werden. Der zugehörige Stellgrößenverlauf entspricht in etwa Bild 7, Zündung #.

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wurde die digitale Ansteuerung eines 6-Puls-Gleichrichters beschrieben. Sie ist in der Lage, die von einem netzsynchron arbeitenden Dead-beat-Stromregler berechneten Stellgrößen exakt und entsprechend dem getakteten System zum nächstmöglichen Zeitpunkt auszugeben. Damit konnte eine genaue und hochdynamische Stromregelung als Voraussetzung für eine schnelle Drehzahlregelung geschaffen werden.

Literatur

[1] *Bühler, E.:* Eine zeitoptimale Thyristorstromregelung unter Einsatz eines Mikroprozessors. Regelungstechnik, München 26 (1978) 2, S. 37—43
[2] *Magyar, P.:* Digitale Regelung und Steuerung einer stromrichtergespeisten Gleichstrommaschine mit Mikrorechner. Regelungstechnik, München 30 (1982) 11, S. 378—386
[3] *Konhäuser, W.:* Mikrocomputer steuert Thyristoren. Elektronik (1983) 18, S. 119 bis 122
[4] *Stoev, A.:* Durchgehend digitale Regelung von Gleichstromantrieben. Dissertation A. TU Dresden 1984
[5] *Schönfeld, R.; Stoev, A.:* Adaptive current control by Application of a Microcomputer Controller. International Power Electronics Conf. Tokyo, März 1983, Paper 19—1

EA 5573

Physikalische Ursachen des Entstehens innerer Überströme

K.-D. Weßnigk, KDT, Zittau

Die Betriebsmittel des Elektroenergiesystems müssen thermisch und mechanisch entsprechend den auftretenden Strombeanspruchungen bemessen und die Leistungsschalter außerdem an die Bedingungen beim Ausschaltvorgang angepaßt werden. Um obere Beanspruchungsgrenzen der Betriebsmittel (Stehströme) nicht zu überschreiten, sind geeignete Schutzeinrichtungen vorzusehen, wie z. B. Strombegrenzungseinrichtungen, Schutzrelais mit elektrischer oder thermischer Anregung und Prozeßrechner zur Beanspruchungsüberwachung im Rahmen der Antihavariesteuerung von Kraftwerken und Netzen. Überströme führen häufig zu Störungen und bilden die Ursache für Störungseskalationen. Es sollen daher nachfolgend einige physikalische Ursachen für das Entstehen von Überströmen angegeben werden.

1. Klassifizierung der Überströme

Im Bild 1 ist eine mögliche Klassifizierung der im Elektroenergiesystem auftretenden Überströme dargestellt. Die äußeren Überströme werden durch direkten Blitzeinschlag oder durch Rückwärtsüberschläge verursacht.
Überstromparameter:

Scheitelwert	3 ···	20 ···	200 kA
Stirndauer	0,3 ···	4 ···	10 μs
Stirnsteilheit	1 ···	4,5 ···	40 kA/μs
Halbwertzeit	20 ···	200 ···	1000 μs

Die inneren Überströme werden durch das Elektroenergiesystem selbst verursacht, wobei nach der Dauer des Auftretens kurzzeitige bzw. transiente Überströme und längerandauernde bzw. zeitweilige Überströme unterschieden werden.
Die Parameter der inneren Überströme sind von der physikalischen Ursache, der Gestalt des Elektroenergiesystems, der jeweiligen Spannungsebene u. a. m. abhängig und lassen sich daher nicht allgemeingültig angeben.
Auftretende äußere oder innere Überströme können sich in andere Energiesysteme einkoppeln, wobei nach dem physikalischen Wirkprinzip der Kopplung und nach dem Momentanwertverlauf der Überströme unterschieden wird.
Die Einkopplung kann über elektromagnetische Strahlung (z. B. bei Kernexplosionen) über das elektromagnetische Feld bei impulsförmigen Größen (Beeinflussung durch äußere Überspannungen) durch das magnetische oder elektrische Feld bzw. durch galvanische Verbindungen bei beeinflussenden sinusförmigen Größen erfolgen, respektive es ist auch eine Einkopplung von Gleichgrößen über galvanische Verbindungen möglich. Zur Berechnung dieser Koppelüberströme stehen die verschiedensten Verfahren, wie die Wanderwellenmethode, die konventionelle Netzberechnung und für die galvanische Beeinflussung durch gleichförmige Größen die Modellmessung bzw. bei ausgeführten Anlagen das praktische Experiment in der Anlage zur Verfügung.

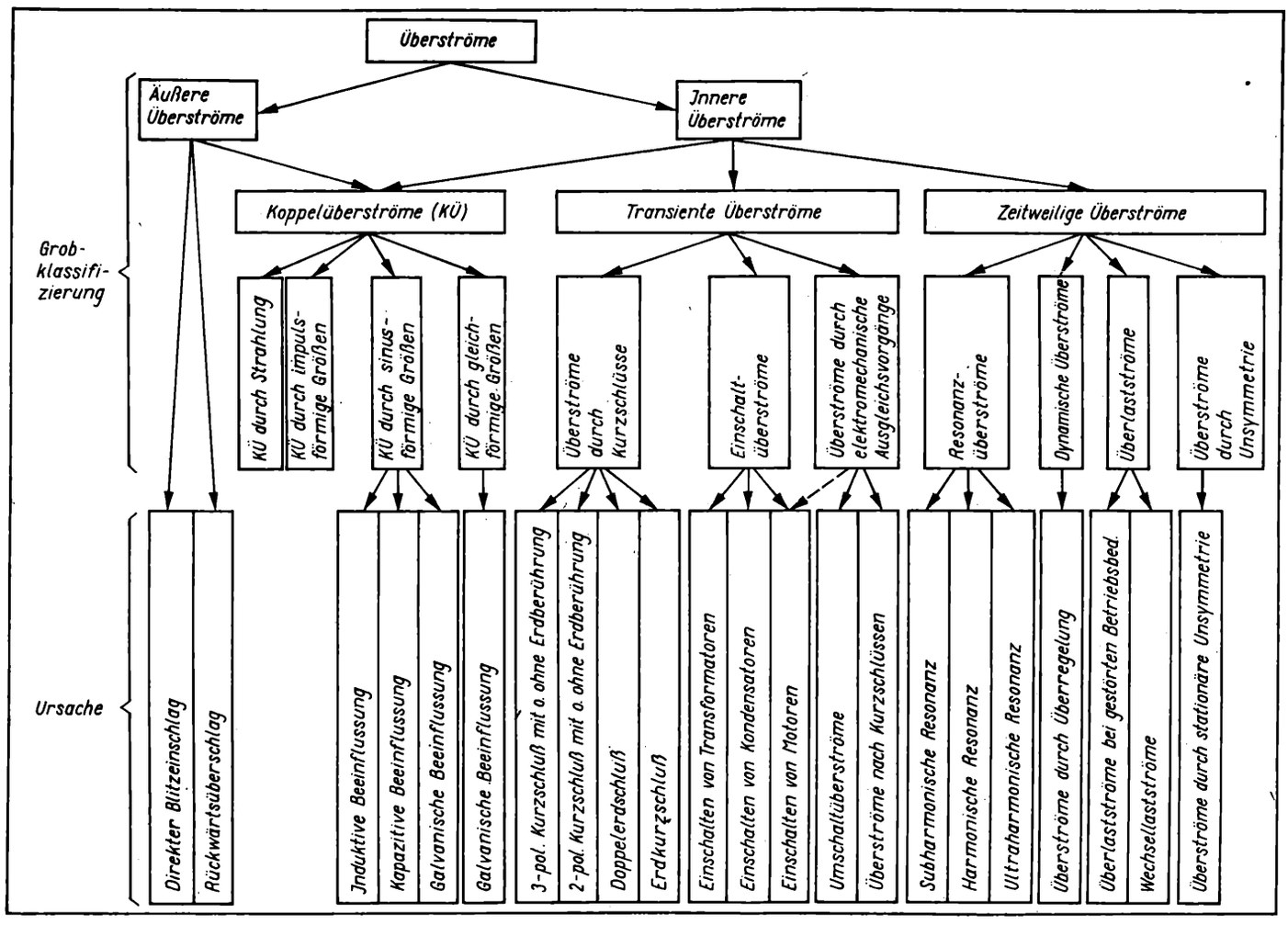
2. Transiente Überströme

2.1. Überströme durch Kurzschlüsse

Der grundsätzliche Verlauf der Kurzschlußströme bei allen Fehlerarten läßt sich am einfachen Ersatzschaltbild (Bild 2) erläutern. In Hochspannungsnetzen kann der Ohmsche Widerstand vernachlässigt werden und der Strom genügt der Differentialgleichung:

Prof. Dr. sc. techn. *Klaus-Dieter Weßnigk* ist ordentlicher Professor an der Ingenieurhochschule Zittau, Sektion Elektroenergieversorgung.

Bild 1. Klassifizierung der Überströme



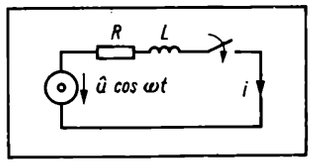


Bild 2. Ersatzschaltbild für beliebige Kurzschlüsse

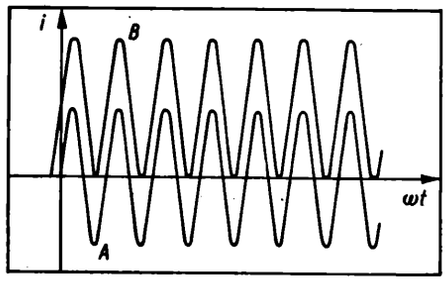
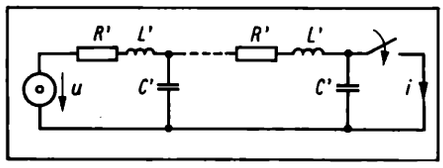


Bild 3. Kurzschlußstromverlauf L = konstant; $R = 0$



6

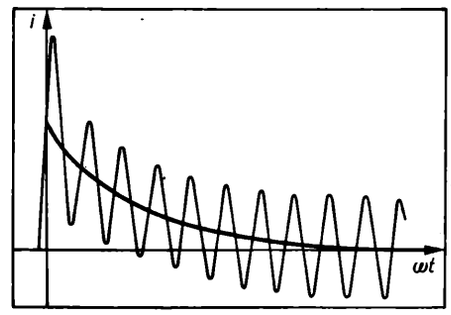
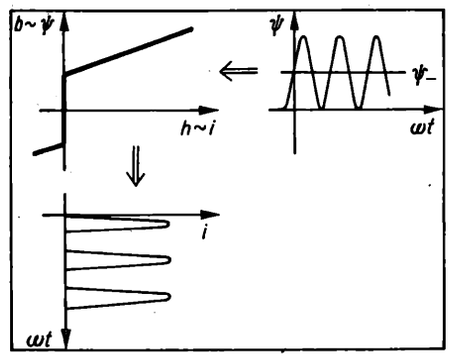


Bild 4. Kurzschlußstromverlauf $\tau_\sim < \tau_-$



7

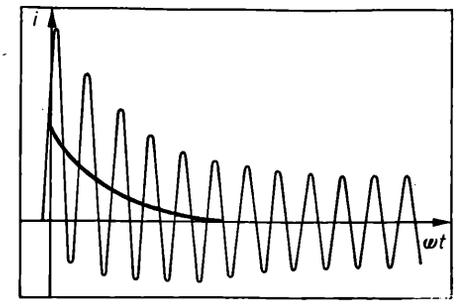


Bild 5. Kurzschlußstromverlauf $\tau_\sim > \tau_-$

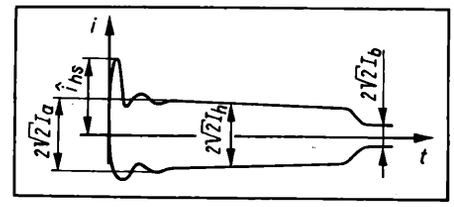


Bild 8. Hüllkurve des Hochlaufstromes eines Asynchronmotors

Bild 6. Kettenleiter

Bild 7. Ermittlung des Einschaltstromes

$$\hat{u}\cos\omega t = L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t};\quad i = \frac{\hat{u}}{\omega L}\int_{\omega t_0}^{\omega t}\cos\omega t\,\mathrm{d}\omega t. \tag{1}$$

Tritt der Kurzschluß im Spannungsmaximum ($\omega t_0 = 0°$) ein, so nimmt der Strom sofort seinen stationären Verlauf an (Bild 3, Kurve A).

Bei Kurzschlußeintritt im Spannungsnulldurchgang ($\omega t_0 = -90°$) enthält der Strom ein Gleichglied (Bild 3, Kurve B).

$$i = \frac{\hat{u}}{\omega L}(\sin\omega t + 1) \tag{2}$$

In realen Netzen klingt dieses Gleichglied nach Maßgabe des R/L-Verhältnisses nach einer Exponentialfunktion ab. Der Überstromfaktor k als Verhältnis von maximalem Kurzschlußstrom zu dem zum Zeitpunkt des Kurzschlußeintritts berechneten stationären Kurzschlußstrom ist maximal 2. In realen Energiesystemen ist ferner zu beachten, daß die Generatoren mit Spannungsreglern ausgerüstet sind und die Induktivität der Generatoren auf Grund der Flußbedingungen nicht konstant ist. Die Induktivität der Maschine wird im Verlauf des Kurzschlußvorgangs größer (*subtransiente → transiente → synchrone Induktivität*). Das heißt, daß nicht nur die Gleichkomponente, sondern auch die Wechselstromkomponente des Kurzschlußstromes nach unterschiedlichen Exponentialfunktionen mit den Zeitkonstanten τ_- und $\tau_\sim$ abklingt.

Unter ungünstigen Bedingungen (in Generatornähe) kann das Gleichglied langsamer als das Wechselstromglied abklingen (Bild 4). Damit hat der Kurzschlußstrom in den ersten Perioden keine Stromnulldurchgänge (beim 3-poligen Kurzschluß trifft das nur für einen Leiter zu) und der Leistungsschalter hat für einige Perioden keine Löschbedingungen. Bei den meisten Kurzschlüssen ist jedoch die Wechselstromzeitkonstante $\tau_\sim$ größer als die Gleichstromzeitkonstante τ_-, wobei sich der im Bild 5 dargestellte Verlauf ergibt. Für Netze, bei denen L gegenüber R vernachlässigbar ist (Niederspannungsnetze), stellt sich unabhängig vom Zeitpunkt des Kurzschlußeintritts immer sofort der stationäre Kurzschlußstrom ein, d. h., es tritt keine Gleichkomponente und auch keine abklingende Wechselstromkomponente auf.

In realen Hochspannungsnetzen ist die Kettenleiterwirkung der Leitungen zu beachten, so daß gegenüber Bild 2 das Bild 6 gilt. Hierbei ergibt sich, daß die 50-Hz-Komponente und die Gleichkomponente im wesentlichen den gleichen Verlauf haben; diesen beiden Stromkomponenten ist eine dreieckförmige hochfrequente Entladeschwingung überlagert, deren Grundfrequenz durch $\omega = 1/\sqrt{L'C'}$ bestimmt ist. Tritt der Kurzschluß im Nulldurchgang der Spannung ein, ergibt sich exakt der gleiche Verlauf des Kurzschlußstromes wie im Bild 5; da die Kapazitäten entladen sind, tritt also auch keine hochfrequente Schwingung auf. Je weiter sich der Zeitpunkt des Kurzschlußeintritts vom Nulldurchgang der Spannung entfernt, desto stärker bildet sich die hochfrequente Schwingung aus. Der Überstromfaktor kann jedoch den Wert $k = 2$ nicht überschreiten, so daß eine Berechnung der hochfrequenten Schwingung für die Dimensionierung von Anlagen und Geräten nicht erforderlich ist. Mit der Kurzschlußstromberechnung mit $k = 2$ bzw. dem aus R und L ermittelten $\varkappa$ liegt das Rechenergebnis auf der sicheren Seite.

2.2. Einschaltüberströme

2.2.1. Einschalten von Transformatoren

Die an den Transformator angelegte Spannung und die sich ausbildende Flußverkettung sind über das Induktionsgesetz verknüpft:

$$\psi = \int_{\omega t_0}^{\omega t}\frac{\hat{u}}{\omega}\cos\omega t\,\mathrm{d}\omega t. \tag{3}$$

Aus der Flußverkettung erhält man über die Magnetisierungskennlinie den Strom.

Beim Einschalten im Spannungsmaximum stellt sich der stationäre Magnetisierungsstrom ein. Das Bild 7 zeigt idealisiert die Zusammenhänge beim Einschalten im Spannungsnulldurchgang. Es bildet sich ein Gleichfluß $\psi_- = \hat{u}/\omega$, der die Aussteuerung der Magnetisierungskennlinie weit in die Sättigung bewirkt.

Es treten Überströme auf, die das Mehrfache des Nennstromes betragen. Ist beim Einschalten ein Remanenzfluß vorhanden, dann überlagert er sich dem entstehenden Gleichfluß, und es können dadurch noch höhere Aussteuerungen der Magnetisierungskennlinie und höhere Einschaltströme auftreten. Ähnliche Vorgänge bilden sich auch bei der Wiederkehr der Spannung nach Kurzschlüssen im vor- und nachgeordneten Netz aus. Maximale Aussteuerungen bis zum Dreifachen der Nenninduktion sind theoretisch möglich. Die Stabilisierung des Differentialschutzes für diese Bedingungen ist nicht unproblematisch.

2.2.2. Einschalten von Motoren

Das Einschalten eines Asynchronmotors ist im ersten Moment vergleichbar mit dem Einschalten einer linearen (Bild 2) bzw. einer nichtlinearen Induktivität (Bild 7). Abhängig vom Schaltaugenblick tritt ein mehr oder minder ausgebildetes Gleichglied und damit auch ein Stoßstrom (i_{hs}) auf. Entsprechend Anlauf- und der wirkenden Gegenmomente läuft der Motor hoch. Der quasistationäre Hochlaufstrom I_h ändert sich nur wenig gegenüber dem Anlaufstrom I_a. Kurz vor Erreichen des Nennschlupfes klingt der Hochlaufstrom auf den Betriebsstrom schnell ab. Die Hüllkurve des Hochlaufstromes ist im Bild 8 dargestellt.

2.2.3. Einschalten von Kondensatoren

Die prinzipiellen Vorgänge beim Einschalten einer Kondensatorbatterie lassen sich am Ersatzschaltbild (Bild 9) erkennen. Aus der Differentialgleichung für diese Schaltung

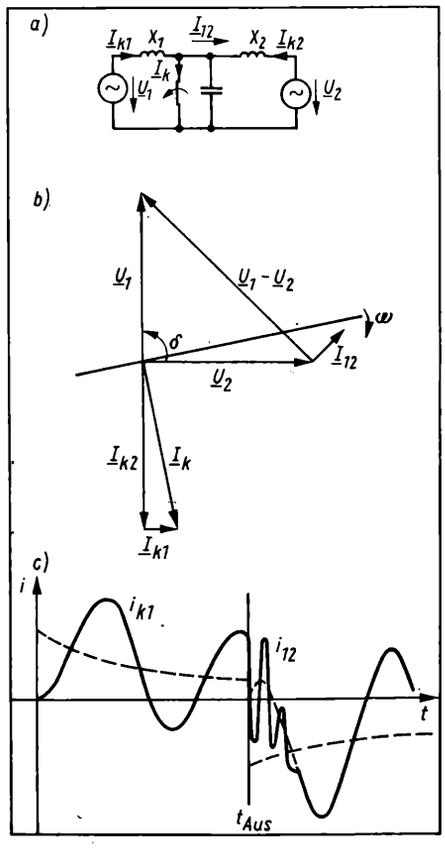


Bild 11. Ausschalten eines Kurzschlusses
a) Ersatzschaltbild b) Zeigerdiagramm c) Momentanwertverlauf

Bild 9. Einschalten einer Kondensatorbatterie

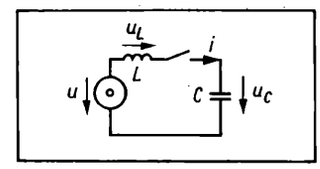


Bild 10. Parallelschalten von Kondensatorbatterien

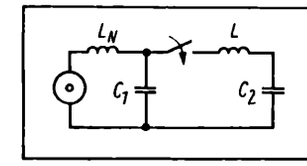
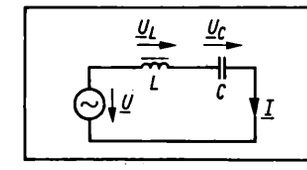


Bild 12. Nichtlinearer Reihenschwingkreis ▶



$$u = u_L + u_C = L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{C}\int i\,\mathrm{d}t \qquad (4)$$

erhält man die Eigenfrequenz $\omega_e = 1/\sqrt{LC}$ und für das Einschalten im Spannungsmaximum den Überspannungsfaktor $k_u = 2$ sowie den Überstromfaktor $k_i = \omega_e/\omega_{50}$.

Bei kleiner vorgeschalteter Induktivität wird der Überstrom sehr groß. Noch größere Überströme treten beim Parallelschalten von Kondensatorbatterien auf. Die hochfrequenten Umladeströme fließen vorrangig in dem Kreis $C_1 - C_2 - L$ nach Bild 10, sie sind so groß, daß häufig eine Strombegrenzung durch Drosselspulen erforderlich ist. Die hochfrequenten Vorgänge klingen nach Maßgabe der Reihenwiderstände des Netzes und der Verlustfaktoren der Kondensatorbatterien ab.

2.3. Überströme durch elektromechanische Ausgleichsvorgänge

Elektromechanische Ausgleichsvorgänge können erhebliche Überströme verursachen. Obwohl das Einschalten von Motoren auch elektromechanische Ausgleichsvorgänge bewirkt, werden die auftretenden Ströme als Einschaltüberströme klassifiziert, weil der Einschaltvorgang im Vordergrund steht.

2.3.1. Umschaltüberströme

Beim Umschalten von einzelnen Motoren oder Motorgruppen von einer Einspeisung auf eine andere treten Übergangsvorgänge auf, deren prinzipieller Stromverlauf Bild 8 entspricht. Der Hochlaufstoßstrom des Einzelmotors kann bei Umschaltvorgängen größer sein als bei Anlaufvorgängen, weil aufgrund der Motorrestspannung die doppelte Nennspannung als treibende Spannung wirksam werden kann (zulässiger Wert häufig nur 1,3 U_n).

Der quasistationäre Hochlaufstrom eines Motors ist, abhängig vom Schlupf beim Einschalten der neuen Einspeisung, kleiner als der Anlaufstrom. Die Summe der Wiederhochlaufströme aller Motoren einer umzuschaltenden Sammelschiene kann den Nennstrom des einspeisenden Transformators um ein Mehrfaches übersteigen und zur Anregung des Schutzes und zur Ausschaltung des Leistungsschalters führen.

2.3.2. Überströme nach Kurzschlüssen

Nach dem Ausschalten von Kurzschlüssen können in den Betriebsmitteln Ströme auftreten, die größer sind als die Kurzschlußströme. Im Bild 11 werden die Zusammenhänge veranschaulicht. Bild 11a zeigt die Ersatzschaltung eines Zweimaschinenproblems. Das *Netz 1* hat die Reaktanz X_1 und das *Netz 2* die Reaktanz X_2. Für das Zeigerbild 11b wurde ein Reaktanzverhältnis $X_1/X_2 = 5$ angenommen. Im natürlichen Stromnulldurchgang unterbricht der Leistungsschalter den Kurzschlußstrom. Die Teilströme I_{k1} und I_{k2} sind zu diesem Zeitpunkt nicht null. Die in den Induktivitäten gespeicherte magnetische Energie führt zu hochfrequenten Schwingungen, wodurch über C die Einschwingspannung verursacht wird. Das Ausschalten des Kurzschlusses wirkt wie das Einschalten der Differenzspannung $\underline{U}_1 - \underline{U}_2$ an den Stromkreis, der durch $X_1 + X_2$ gegeben ist. Der Einschaltstrom überlagert sich dem oben genannten Einschwingstrom.

Das auftretende Gleichglied des Einschaltstromes kann als senkrechte Projektion auf die mit ω rotierende Zeitachse abgelesen werden. Für den im Zeigerbild vorgegebenen Betriebszustand, bei dem der gegenseitige Polradwinkel den extremen Wert von 90° angenommen hat, ergibt sich unter Berücksichtigung der Dämpfung der im Bild 11c dargestellte Momentanwertverlauf. Der Wechselstrom im Generator *1* ist nach der Kurzschlußausschaltung 20% größer als während des Kurzschlusses. Die abklingenden Gleichströme sind annähernd gleich groß, haben aber entgegengesetzte Vorzeichen. Abhängig vom Zeitpunkt des Kurzschlußeintritts und vom Verlöschen des Lichtbogens im positiven oder negativen Stromnulldurchgang können beide Gleichglieder auch gleiche Vorzeichen besitzen. Für die Auslegung der Schutzeinrichtungen und für die thermische und mechanische Bemessung ist diese Erscheinung zu berücksichtigen.

Unter Beachtung realer Impedanzwinkel der Übertragungsmittel, größerer Reaktanzverhältnisse X_1/X_2 und im Kurzschlußzweig vorhandener Impedanzen sind betriebsfrequente Ausgleichsströme möglich, die wesentlich größer als die Teilkurzschlußströme durch das betrachtete Betriebsmittel sind.

3. Zeitweilige Überströme

3.1. Resonanzüberströme

Stimmt die Resonanzfrequenz eines linearen Teilnetzes mit einer erregenden Frequenz überein, so können kritische Stromüberhöhungen auftreten. Betriebsmittel gefährdende Überströme treten nur bei Spannungsaussteuerung des Reihenschwingkreises und bei Stromaussteuerung des Parallelschwingkreises auf [2].

Da im nichtlinearen Schwingkreis neben der Grundresonanzfrequent alle ungeradzahligen Harmonischen dieser Resonanzfrequenz vorhanden sind, kann sich nach einem Übergangsvorgang (z. B. Spannungserhöhung im Reihenschwingkreis) eine dieser Harmonischen mit der erregenden Frequenz synchronisieren und die Verluste des Resonanzkreises decken, so daß die Resonanzerscheinung bestehen bleibt (Ferroresonanz). Nach der Grundresonanzfrequenz ω_0 unterscheidet man die subharmonische $\omega_0 = \frac{1}{n}\omega$, die harmonische $\omega_0 = \omega$ und die ultraharmonische Resionanz $\omega_\varrho = n\,\omega$. ($\omega$ = Netzfrequenz).

Am Beispiel eines nichtlinearen Reihenschwingkreises soll eine harmonische Resonanz erläutert werden. Im Bild 12 ist die Ersatzschaltung dargestellt. Der Maschensatz $\underline{U} - \underline{U}_c = \underline{U}_L$ ist im Bild 13 in den Punkten 1 bis 3 erfüllt. Im nichtresonanten Arbeitspunkt *1* stellt sich ein kleiner induktiver Strom bezüglich der angelegten Spannung ein. Der Arbeitspunkt *2* ist instabil. Durch eine kurzzeitige Spannungserhöhung, z. B. durch eine dynamische Spannungsüberhöhung, gibt es nur noch einen Schnittpunkt der Geraden $U - U_c$ mit der Mittelwertkennlinie der nichtlinearen Induktivität im 3. Quadranten. Sinkt die Spannung wieder auf den alten Wert U ab, dann stellt sich der resonante Arbeitspunkt *3* ein. Dieser ein-

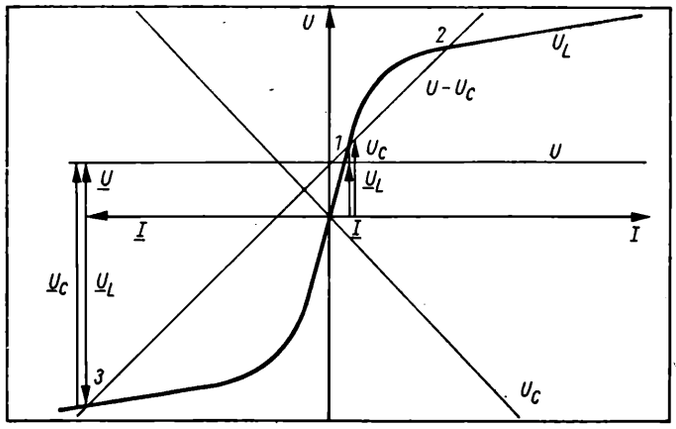


Bild 13. Effektivwertkennlinien der Betriebsmittel des Reihenschwingkreises
1 Nichtresonanter Arbeitspunkt *2* Instabiler Arbeitspunkt *3* Resonanter Arbeitspunkt

malige Vorgang des Übergangs des Arbeitspunktes von *1* nach *3* wird als Kippvorgang (über der Spannung) bezeichnet. Der resonante Arbeitspunkt ist durch einen großen kapzitiven Strom und durch bedeutende Spannungsüberhöhungen U_c und U_L gekennzeichnet.

3.2. Dynamische Überströme

Sie entstehen als Folge von Lastabwurf eines Kraftwerksblockes aus einem gegebenen Belastungszustand oder nach Kurzschlüssen. Die auftretenden Spannungsüberhöhungen führen zu dynamischen Stromüberhöhungen im Kraftwerkseigenbedarf und insbesondere zur Erhöhung der Magnetisierungsströme der Block- und Blockeigenbedarfstransformatoren sowie der Spannungswandler. Da diese Stromüberhöhungen mit kleinen Überstromfaktoren
($k_i = 1{,}2 \cdots 1{,}8$) nur kurzzeitig wirksam werden (maximal einige 10 s) sind sie meist für die thermische Bemessung unkritisch und für die mechanische Beanspruchung völlig uninteressant. Lediglich bei der Stabilisierung des Differentialschutzes müssen sie beachtet werden.

3.3. Überlastströme

Treten Störungen an Betriebsmitteln auf, die zur Ausschaltung z. B. von parallelen Leitungen oder Transformatoren führen, übernehmen die im Betrieb befindlichen Betriebsmittel die entsprechenden Ströme. Hierbei kann es zu Überlastungen kommen, die prophylaktisch durch Ausfallsimulationsrechnungen zu bestimmen sind. Die auftretenden Überlastungen sollten kurzzeitig beherrscht werden, um Störungseskalationen zu vermeiden. Im Langzeitbereich ist durch Veränderungen des Schaltzustandes bzw. Entlastungsmaßnahmen ein stabiler Nachhavariezustand zu realisieren. Betriebsmittel, die durch stark wechselnde Ströme belastet werden, können weit über die Nennströme beansprucht werden. Die Größe der Überlastbarkeit ist so zu gestalten, daß der Lebensdauerverbrauch nicht größer wird als bei dauernder Beanspruchung mit dem Nennstrom.
Die hierzu notwendigen Untersuchungen sind für die Vielzahl der Betriebsmittel noch nicht völlig abgeschlossen. Im Rahmen der Antihavariekonzeption des Elektroenergiesystems ist die Beherrschung von Überlastströmen durch dezentrale Prozeßüberwachungseinrichtungen eine notwendige Maßnahme zur Stabilisierung der Betriebsführung und zur Vermeidung von Störungseskalationen.

Literatur

[1] *Koettnitz, H.; Winkler, G.; Weßnigk, K.-D.:* Grundlagen elektrischer Betriebsvorgänge in Elektroenergiesystemen. Leipzig: VEB Verlag für Grundstoffindustrie 1986

[2] *Weßnigk, K.-D.:* Physikalische Ursachen des Entstehens innerer Überspannungen. ELEKTRIE, Berlin 34 (1980) 8, S. 395—399

[3] *Weßnigk, K.-D.:* Übergangsvorgänge in Transformatoren. ELEKTRIE, Berlin 37 (1983) 8, S. 397—401

[4] *Weßnigk, K.—D.; Reck, D.; Klier, H.; Haschker, G.:* Berechnung des Hochlaufvorganges von Drehstromasynchronantrieben in Kraftwerkseigenbedarfsnetzen. ELEKTRIE, Berlin 32 (1978) 11, S. 604—610

EA 5652

Strategisches Modell zur Planung von 110-kV-Umspannwerken

H. Kiank, KDT, Bautzen

Verwendete Formelzeichen

A	Zahl der Diskretisierungen von $\vec{x}^{(1)}$
B	Zahl der Diskretisierungen von $\vec{x}^{(2)}$
C	Zahl der Diskretisierungen von $\vec{x}^{(3)}$
D	Zahl der Diskretisierungen von $\vec{x}^{(4)}$
E	Zahl der Diskretisierungen von $\vec{x}^{(5)}$
E_i	Handlungsalternativen bei der Planung von 110-kV-Einspeisepunkten
F	Zahl der Diskretisierungen von $\vec{x}^{(6)}$
F_j	Umweltkonstellationen bei einzielorientierter Entscheidungsfindung
$F_{jj\,(k)}$	Umweltkonstellationen bei mehrzielorientierter Entscheidungsfindung
G	Zahl der Diskretisierungen von $\vec{x}^{(7)}$
$aw^{(I)}$	Aufwand für Investitionen
$aw^{(V)}$	Aufwand für Netzverluste
$aw^{(S)}$	Aufwand für unterbrechungsbedingte Schäden
$e^{(k)}$	Aufwands- bzw. Originalelement bei Entscheidungsziel k
$g^{(k)}$	hypothetisches Gewicht für Entscheidungsteilziel $z^{(k)}$
i	Laufindex für E-Strategien (Handlungsalternativen)
j	Laufindex für F-Strategien (Umweltkonstellationen)
k	Laufindex für Entscheidungsziele
m	Zahl der E-Strategien
m_i	Zahl von Diskretisierungen des Vektors der konkreten Entscheidungsvariablen $\vec{y}^{(i)}$
n	Zahl der F-Strategien bei einzielorientierter Entscheidungsfindung
n'	Zahl der F-Strategien bei mehrzielorientierter Entscheidungsfindung
$\vec{x}$	Vektor der ungewissen Eingangsdaten
$\vec{x}(\ )$	Untervektoren der ungewissen Eingangsdaten
$\vec{y}$	Vektor aller Entscheidungsvariablen
$\vec{y}(\ )$	Vektor einer konkreten Entscheidungsvariablen
z	Ziel der Optimierung
$z^{(k)}$	Entscheidungsteilziel k
$\eta^{(GER)}$	GERMAIER-Ersatzziel
$\varrho_i^{(k)}$	Zielerreichungsgrad bei Realisierung der Strategie E_i für das Entscheidungsziel k

1. Problemstellung

Das Ziel jeder Netzplanung in öffentlichen Elektroenergieversorgungssystemen (EEVS) ist immer auf die optimale Erfüllung der Versorgungsaufgabe gerichtet. Im konkreten Fall ist für einen definierten Versorgungsbereich die Erfüllung der Versorgungsaufgabe nicht mehr gewährleistet, wenn die Belastung des oder der vorhandenen Umspannwerke größer als 75 % der installierten Transformatorennennleistung ist, weil dann der Ausfall eines Transformators zu langdauernden Versorgungsunterbrechungen führen kann. Ist hinsichtlich der Transformatorenkapazität bereits der Endausbau erreicht, so muß vom Energieversorgungsbetrieb (EVB) als Verantwortlichen für die Erfüllung der Versorgungsaufgabe eine neue 110-kV-Einspeisung geplant werden. Dabei fordert die Gesellschaft eine hohe Entscheidungssicherheit bei geringstmöglichen volkswirtschaftlichen Gesamtaufwand. Die Einhaltung dieser For-

Dr.-Ing. *Hartmut Kiank* war zum Zeitpunkt der Erarbeitung des Artikels wissenschaftlicher Assistent an der Sektion Elektroenergieversorgung der IHS Zittau.

derung wird durch die bei der Erfüllung der Versorgungsaufgabe objektiv auftretenden Ungewißheiten erschwert (Bild 1). Bei Vernachlässigung der Ungewißheiten entsprechend Bild 1 kann es vorkommen, daß eine nach konventionellen Planungsverfahren ermittelte Lösung bei den später tatsächlich auftretenden Realisierungen der Eingangsgrößen weit vom Aufwandsminimum entfernt liegt und damit eine Fehlentscheidung gefällt wurde.

2. Lösungsweg

Zur Vermeidung von Fehlentscheidungen bei Problemlösungen unter Ungewißheit können nach [1] 3 Methoden genutzt werden. Es sind dies:

- Schätzmethoden
- Stabilitätsmethoden und
- Entscheidungsmethoden.

Bei mathematischen Schätzmethoden wird das Ziel verfolgt, aus dem Ungewißheitsbereich der Eingangsgrößen einen entsprechenden Repräsentanten auszuwählen und mit diesem dann so weiterzuarbeiten, als läge kein Informationsmangel vor. Die ersatzweise Annahme einer Information über die Eingangsdaten ist aber nur dann zulässig, wenn davon ausgegangen werden kann, daß Änderungen dieser Eingangsdaten nur geringfügigen Einfluß auf die Optimalität einer Lösung haben. Diese Bedingung ist bei der Planung von 110-kV-UW nur selten erfüllt.

Die Anwendung von Stabilitätsmethoden erfolgt unter der Zielstellung, den möglichen Toleranzbereich der Eingangsdaten in Bezug auf die Optimalität einer nach deterministischen Planungsverfahren gefundenen Lösung zu bestimmen. Das Ergebnis von Stabilitätsmethoden ist aber nur die Information, oder der vorhandene Ungewißheitsbereich innerhalb des zulässigen Toleranzbereiches liegt oder nicht. Dieser Sachverhalt schränkt die Anwendung von Stabilitätsmethoden vor allem bei der Planung diskreter Netzausbaumaßnahmen ein.

Entscheidungsmethoden dagegen führen auch dann zu einer Lösung, wenn der vorhandene Ungewißheitsbereich größer ist als der mögliche Toleranzbereich in Bezug auf die Optimalität eines nach einem konventionellen Planungsverfahren gefundenen Ergebnisses. Wegen dieses Vorteils und der damit verbundenen hohen Entscheidungssicherheit bei der Suche der optimalen Lösung wird die Entscheidungstheorie als Modellgrundlage genutzt.

3. Modellbeschreibung

3.1. Einzielorientiertes Entscheidungskonzept

Klassisches Grundprinzip der Entscheidungstheorie ist es, möglichen ungewissen Zuständen (F_j-Strategien) entsprechende Handlungsalternativen (E_i-Strategien) gegenüberzustellen. Die Kombination aller E_i- mit allen F_j-Strategien führt zu den ökonomischen Konsequenzen e_{ij}, die in einer Entscheidungsmatrix zusammengestellt werden (siehe Bild 2). Bei der Auswertung der Entscheidungsmatrix verfolgt man ein Gesamtziel (Nutzensmaximierung oder Schadensminimierung), das von der Wahl eines der konkreten Entscheidungssituation angepaßten Entscheidungskriteriums abhängt.

Entsprechend dieser einzielorientierten Entscheidungskonzeption müssen die relevanten Ungewißheiten bei der Planung von 110-kV-UW in Form von Untervektoren in einem Vektor $\vec{x}$ zusammengefaßt werden.

$$\vec{x} = \left\{\vec{x}^{(1)}; \vec{x}^{(2)}, \vec{x}^{(3)}; \vec{x}^{(4)}; \vec{x}^{(5)}; \vec{x}^{(6)}; \vec{x}^{(7)}\right\} \quad (1)$$

$\vec{x}^{(1)}$ Untervektor der Belastungsentwicklung des Versorgungsbereiches mit zeitlicher und territorialer Aufteilung

$\vec{x}^{(2)}$ Untervektor der möglichen Zeitpunkte der Vervollständigung der MS-Schaltanlage des 110-kV-UW

$\vec{x}^{(3)}$ Untervektor der Investitionskostenentwicklung

$\vec{x}^{(4)}$ Untervektor der Netzverlustkostenentwicklung

$\vec{x}^{(5)}$ Untervektor der Abnehmerstruktur des Versorgungsbereiches

$\vec{x}^{(6)}$ Untervektor der Schadenskosten und deren zeitlicher Entwicklung

$\vec{x}^{(7)}$ Untervektor der Zahl jährlicher zum Einspeisepunktausfall und/oder -teilausfall führender Störungen k

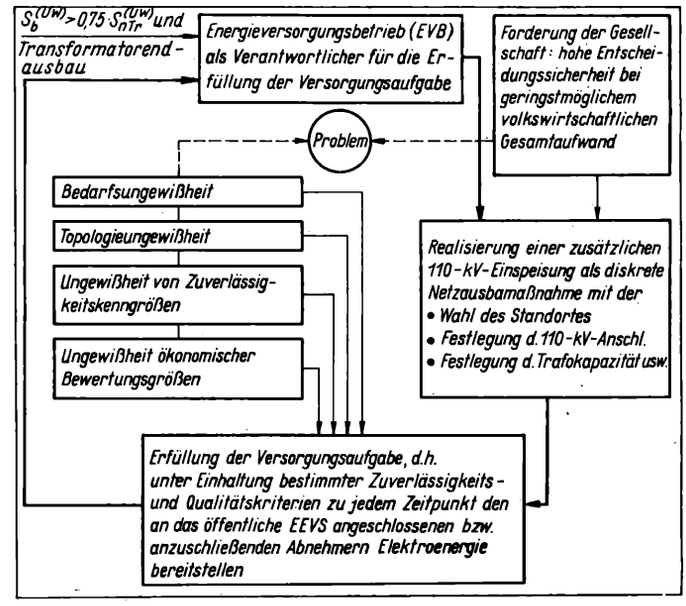


Bild 1. Planungsprozeß zur Erfüllung der Versorgungsaufgabe

	F_1	F_2	....	F_j	.....	F_n
E_1	e_{11}	e_{12}	....	e_{1j}	.....	e_{1n}
E_2	e_{21}	e_{22}	....	e_{2j}	.....	e_{2n}
	⋮	⋮		⋮		⋮
E_i	e_{i1}	e_{i2}	....	e_{ij}	.....	e_{in}
	⋮	⋮		⋮		⋮
E_m	e_{m1}	e_{m2}	....	e_{mj}	.....	e_{mn}

Bild 2. Klassische Entscheidungsmatrix

Unter Beachtung der Auswahlkriterien

— hinreichende Eintrittswahrscheinlichkeit
— Abstand zu den Grenzen des Ungewißheitsbereiches $[x_u; x_o]$ und
— Schrittlänge

kann man vorgenannte Untervektoren wie folgt diskretisieren:

$$\begin{aligned}
\vec{x}^{(1)} &= \{x_1^{(1)}; x_2^{(1)}; \ldots; x_a^{(1)}; \ldots; x_A^{(1)}\} \\
\vec{x}^{(2)} &= \{x_1^{(2)}; x_2^{(2)}; \ldots; x_b^{(2)}; \ldots; x_B^{(2)}\} \\
&\vdots \\
\vec{x}^{(7)} &= \{x_1^{(7)}; x_2^{(7)}; \ldots; x_g^{(7)}; \ldots; x_G^{(7)}\}.
\end{aligned} \quad (2)$$

Die Diskretisierungen dieser Untervektoren beschreiben mögliche Zustände, die eine ganz bestimmte Eingangsgröße annehmen kann. Bei der gesamtzielorientierten Entscheidungsfindung besteht das Problem nun darin, daß sich die Zahl der zu berücksichtigenden Umweltkonstellationen (F_j-Strategien) durch Kombination aller relevanten Zustände der Eingangsgrößen nach Gl. (3) berechnet.

$$n = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G \quad (3)$$

Schon bei nur 2 möglichen Zuständen der betreffenden Eingangsgrößen müßte man 128 F-Strategien berücksichtigen. Die Lösung dieses Problems, d.h. eine Reduzierung von F-Strategien, erfolgt mittels Übergang zur mehrzielorientierten Entscheidungsfindung.

3.2. Mehrzielorientiertes Entscheidungskonzept

Durch Dekomposition der klassischen Zielfunktion der Netzplanung (Gl. (4))

$$z = aw^{(I)} + aw^{(V)} + aw^{(S)} \Rightarrow \min \quad (4)$$

$aw^{(I)}$ Aufwand für Investitionen
$aw^{(V)}$ Aufwand für Netzverluste und den Betrieb des EEVS
$aw^{(S)}$ Aufwand für unterbrechungsbedingte Schäden

lassen sich die drei Einzelziele:

— minimaler Aufwand für Investitionen ($z^{(I)} = z^{(1)}$)
— minimaler Aufwand für Netzverluste und den Betrieb des EEVS ($z^{(V)} = z^{(2)}$)

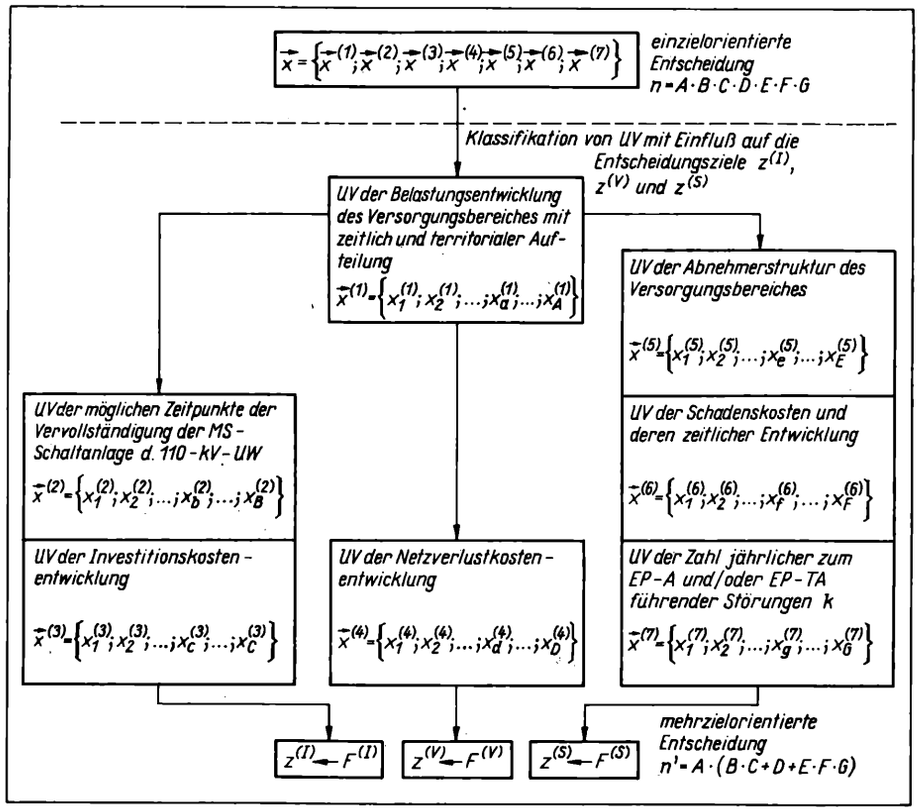


Bild 3. Untervektoren für die Ungewißheitsbereiche der relevanten Eingangsgrößen

— hohe Versorgungszuverlässigkeit bzw. minimale Folgen durch unterbrechungsbedingte Schäden ($z^{(S)} = z^{(3)}$)

bilden. Wie Bild 3 zeigt, haben nicht alle Untervektoren Einfluß auf alle Entscheidungsziele. Einfluß auf das Entscheidungsziel $z^{(I)}$ haben die Untervektoren $\vec{x}^{(1)}$ bis $\vec{x}^{(3)}$. Das Entscheidungsziel $z^{(V)}$ beeinflussen die Untervektoren $\vec{x}^{(1)}$ und $\vec{x}^{(4)}$. Bei Entscheidungsziel $z^{(S)}$ sind die Untervektoren $\vec{x}^{(1)}$, $\vec{x}^{(5)}$, $\vec{x}^{(6)}$ und $\vec{x}^{(7)}$ relevant. Als Ergebnis dieser Klassifikation der Untervektoren läßt sich getrennt für jedes Entscheidungsziel eine Entscheidungsmatrix (siehe Bild 4a bis 4c) aufbauen und so eine Reduzierung der F-Strategien von n auf n' erreichen.

$$n' = A \cdot (B \cdot C + D + E \cdot F \cdot G) \tag{5}$$

Der Vergleich von Gl. (3) mit Gl. (5) zeigt die Sinnfälligkeit des Übergangs vom einzielorientierten zum mehrzielorientierten Entscheidungskonzept. Der Optimierungsraum dieser Entscheidungskonzeption wird durch den Vektor $\vec{y}$ beschrieben:

$$\vec{y} = \left\{\vec{y}^{(1)}; \vec{y}^{(2)}; \vec{y}^{(3)}; \vec{y}^{(4)}; \vec{y}^{(5)}\right\} \tag{6}$$

$\vec{y}^{(1)}$ Vektor der Entscheidungsvariablen möglicher Standorte des 110-kV-UW mit dem entsprechenden MS-seitigen Anschluß (Speisenetz) an das öffentliche Verteilungsnetz

$\vec{y}^{(2)}$ Vektor der Entscheidungsvariablen möglicher 110-kV-Anschlußvarianten

$\vec{y}^{(3)}$ Vektor der Entscheidungsvariablen möglicher Dimensionierungen der 110-kV-Anschlußleitung

$\vec{y}^{(4)}$ Vektor der Entscheidungsvariablen der möglichen Transformatorenkapazität des 110-kV-UW

$\vec{y}^{(5)}$ Vektor der Entscheidungsvariablen des möglichen Ausrüstungsgrades des 110-kV-UW mit MS-Schaltzellen im Inbetriebnahmejahr.

Durch Diskretisierung der Vektoren konkreter Entscheidungsvariablen $\vec{y}^{(i)}$ und entsprechender Kombination werden Handlungsalternativen bzw. Planungsvarianten (E-Strategien) als definierte Punkte des komplexen Optimierungsraumes $\vec{y}$ gebildet.
Für die Zahl der E-Strategien gilt:

$$m = \pi_i \, m_i. \tag{7}$$

Der E-Strategienvorrat läßt sich mit Gl. (8) darstellen.

$$E = \{E_1; E_2; \ldots; E_i; \ldots; E_m\} \tag{8}$$

Für eine beliebig relevante E_i-Strategie gilt:

$$E_i = \{y_{i1}^{(1)}; y_{i2}^{(2)}; y_{i3}^{(3)}; y_{i4}^{(4)}; y_{i5}^{(5)}\} \tag{9}$$

$$\begin{aligned} i_1 &= 1\,(1)\,m_1 \\ i_2 &= 1\,(1)\,m_2 \\ i_3 &= 1\,(1)\,m_3 \\ i_4 &= 1\,(1)\,m_4 \\ i_5 &= 1\,(1)\,m_5. \end{aligned} \tag{9.1.}$$

Wegen der Konkurrenz der Entscheidungsziele $z^{(I)}$, $z^{(V)}$ und $z^{(S)}$ wird eine Auswertung der Entscheidungsmatrizen entsprechend Bild 4a bis 4c in der Regel auf unterschiedlich optimale E-Strategien führen. Deshalb erfolgt in letzter Instanz zur Ermittlung der Ergebnisvariante eine aggregierte Bewertung aller E-Strategien in einer Matrix von Zielerreichungsgraden (siehe Bild 5 und Abschnitt 4).

3.3. Indikation des mehrzielorientierten Entscheidungskonzeptes

Der Vergleich mit [3] führt zu folgender Modellcharakteristik:

— Dem Modell liegt das Prinzip der „ingenieurmäßigen Vorgabe der Planungsvarianten" zugrunde.
— E-Strategien können unter Berücksichtigung sogenannter Leistungsabgebote festgelegt werden.
— Leistungsabgebote werden mit Hilfe einer „Straffunktion" bewertet. Entsprechend [5] quantifiziert die „Straffunktion" die Kostenerhöhung von Folgeinvestitionsmaßnahmen gegenüber vergleichbaren planmäßigen Investitionen.
— Bei der Ermittlung der Ergebnisvariante wird der ungewisse territorial abhängige Anteil der Netzverluste mit berücksichtigt. Dazu werden Abnahmeknotenpunkte zu Versorgungsgruppen zusammengefaßt. Die Belastung dieser Versorgungsgruppen wird dann innerhalb sinnvoller Grenzen der Summenbelastung des Versorgungsbereiches variiert. Nach [7] können dadurch Fehler bis zu 20% bei der Berechnung der Netzverluste vermieden werden.
— Die Suche der optimalen Lösung erfolgt bei nicht restriktiver Verarbeitung der Versorgungszuverlässigkeit. Durch die Berechnung eines Grades der Belastungsbegrenzung bei Einspeisepunktausfall (EP-A) bzw. Einspeisepunktteilausfall (EP-TA) werden für unterschiedliche Abnehmerstrukturen und Zeitklassen der Unterbrechung spezifische Schadenskosten berechnet.

	$z^{(I)}$	$z^{(V)}$	$z^{(S)}$
E_1	$\varrho_1^{(I)}$	$\varrho_1^{(V)}$	$\varrho_1^{(S)}$
E_2	$\varrho_1^{(I)}$	$\varrho_2^{(V)}$	$\varrho_2^{(S)}$
E_i	$\varrho_i^{(I)}$	$\varrho_i^{(V)}$	$\varrho_i^{(S)}$
E_m	$\varrho_m^{(I)}$	$\varrho_m^{(V)}$	$\varrho_m^{(S)}$

Bild 5. Matrix der Zielerreichungsgrade

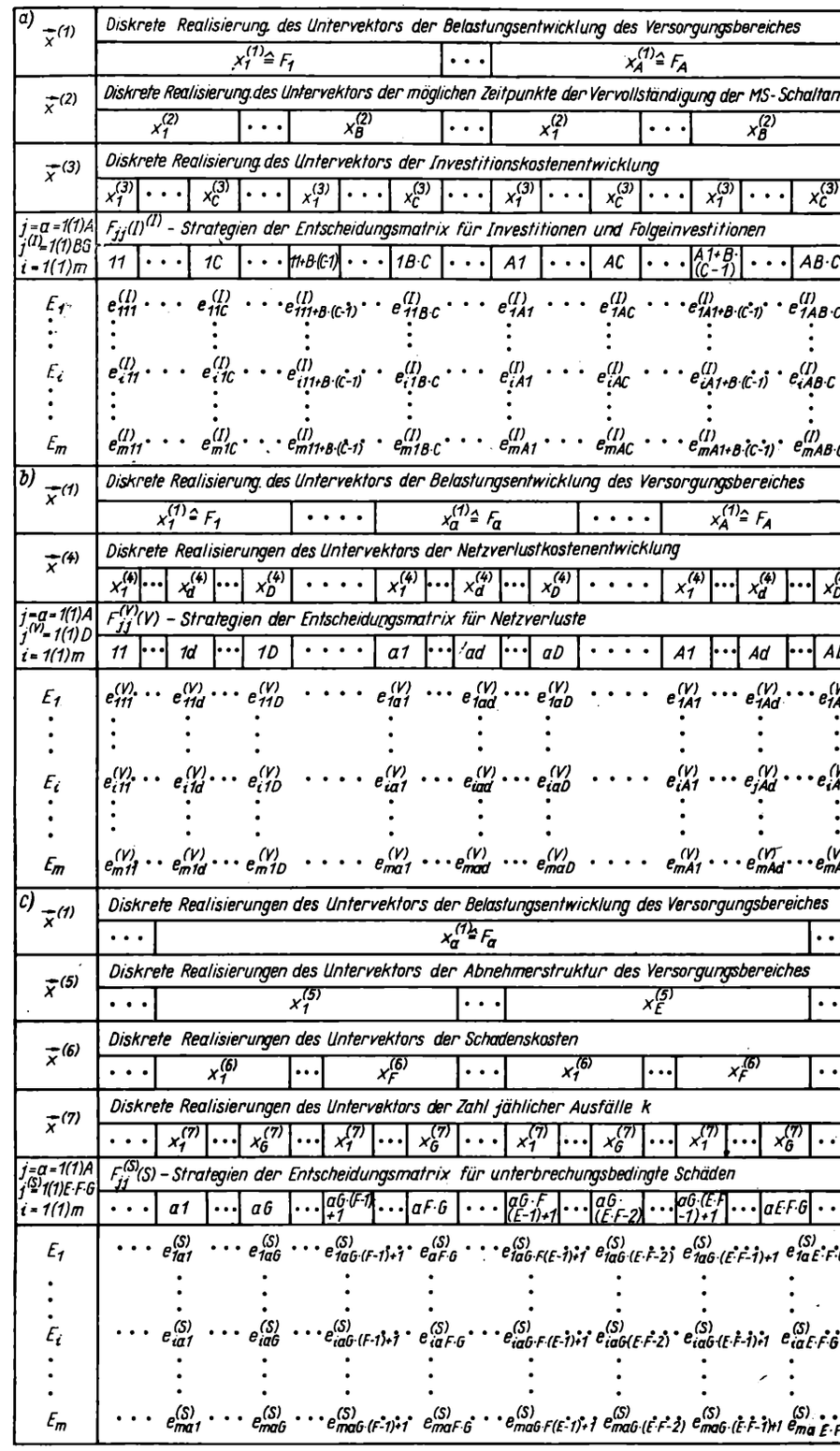


Bild 4. Entscheidungsmatrix des Aufwandes
a) für Investitionen
b) für Netzverluste
c) für unterbrechungsbedingte Schäden

4. Entscheidungsablauf für ein vereinfachtes 110-kV-Netzbeispiel

Gegeben sei die Topologie eines 110-kV-Netzausschnitts entsprechend Bild 6. Um die weitere Erfüllung der Versorgungsaufgabe im gekennzeichneten Versorgungsbereich zu sichern, muß zum Zeitpunkt t_0 zusätzlich zum vorhandenen 110-kV-UW B_1 ein weiteres 110-kV-UW B_2 errichtet werden. Die Suche der optimalen Lösung für diese Planungsentscheidung erfolgt auf der Grundlage des Entscheidungsablaufs nach Bild 7. Danach läuft der Entscheidungsablauf insgesamt in 4 Etappen ab. Inhalt der 1. Etappe ist es, die jeweiligen Umweltkonstellationen bzw. F-Strategien mit Einfluß auf die Entscheidungsziele

— minimaler Aufwand für Investitionen ($z^{(1)}$)
— minimaler Aufwand für Netzverluste ($z^{(2)}$) und
— minimale Folgen durch unterbrechungsbedingte Schäden ($z^{(3)}$)

zu generieren. Die 1. Etappe vorgenannter Planungsentscheidung illustriert das Bild 8. Man erkennt, daß im konkreten Fall durch Kombination der Komponenten des Untervektors $\vec{x}^{(1)}$ bis $\vec{x}^{(3)}$ 12 F-Strategien mit Einfluß auf das Entscheidungsziel „minimaler Aufwand für Investitionen" generiert werden können. Für die 4 F-Strategien mit Einfluß auf das Entscheidungsziel „minimaler Aufwand für Netzverluste" sind die Komponenten der Untervektoren $\vec{x}^{(1)}$ und $\vec{x}^{(4)}$ miteinander zu kombinieren. Die 24 F-Strategien mit Einfluß auf das Entscheidungsziel „minimale Folgen durch unterbrechungsbedingte Schäden" lassen sich auf der Grundlage der Komponenten der Untervektoren $\vec{x}^{(1)}$, $\vec{x}^{(5)}$, $\vec{x}^{(6)}$, und $\vec{x}^{(7)}$ bilden. Die sich anschließende Etappe 2 des Entscheidungsablaufs (Bild 7) ist durch die Festlegung konkreter Gestaltungs- und Dimensionierungsvarianten des 110 kV-UW B_2 gekennzeichnet. Unter Be-

achtung vorhandener Restriktionen kann man auf der Grundlage der Gl. (6) folgenden Optimierungsraum für das 110-kV-Netzbeispiel definieren:

$\vec{y}^{(1)} = \{y_1^{(1)}\}$

mit

$y_1^{(1)}$ = Standort B_2

$\vec{y}^{(2)} = \{y_1^{(2)}; y_2^{(2)}; y_3^{(2)}\}$

mit

$y_1^{(2)} = UW$ mit Direktanschaltung durch 110-kV-Einfachleitung

$y_2^{(2)} = UW$ mit Direktanschaltung durch 110-kV-Doppelleitung

$y_3^{(2)} = UW$ mit Einschleifung durch 110-kV-Doppelleitung

$\vec{y}^{(3)} = \{y_1^{(3)}; y_2^{(3)}\}$

mit

$y_1^{(3)}$ = 150/25 mm² AlSt (Direktanschaltung)

$y_2^{(3)}$ = 240/40 mm² AlSt (Einschleifung)

$\vec{y}^{(4)} = \{y_1^{(4)}; \ldots y_{i4}^{(4)}; \ldots y_5^{(4)}\}$

mit

$y_1^{(4)}$ = 110-/20-kV-Transformator, 1 × 25 MVA

$y_2^{(4)}$ = 110-/20-kV-Transformator, 1 × 40 MVA

$y_3^{(4)}$ = 110-/20-kV-Transformator, 2 × 16 MVA

$y_4^{(4)}$ = 110-/20-kV-Transformator, 2 × 25 MVA

$y_5^{(4)}$ = 110-/20-kV-Transformator, 2 × 40 MVA

$\vec{y}^{(5)} = \{y_1^{(5)}; y_2^{(5)}\}$

mit

$y_1^{(5)}$ = 24-m-Schalthaus, *Teilausbau* (17 Schaltzellen, davon 11 für Netzabgänge, 2 für Kupplung und 4 für Einspeisung)

$y_2^{(5)}$ = 24-m-Schalthaus, *Vollausbau* (34 Schaltzellen, davon 22 für Netzabgänge, 4 für Kupplung und 8 für Einspeisung).

Mit diesen freien Optimierungsvariablen lassen sich durch Kombination insgesamt 32 sinnvolle E-Strategien aufstellen. Damit ist die Etappe 2 des Entscheidungsablaufes abgeschlossen und man kann zur Etappe 3, der arbeitsintensivsten, übergehen. Mit den 36 E-Strategien und den entsprechenden F-Strategien lassen sich nun 3 Original- bzw. Entscheidungsmatrizen aufstellen.
Es sind dies:

— die Originalmatrix des Aufwandes für Investitionen (Bild 4a)
— die Originalmatrix des Aufwandes für Netzverluste (Bild 4b) und
— die Originalmatrix des Aufwandes für unterbrechungsbedingte Schäden (Bild 4c).

Nach Berechnung der genannten Entscheidungsmatrizen beginnt die eigentliche Ermittlung der optimalen E-Strategien (Etappe 4). Dazu wird zunächst jede der 3 Entscheidungsmatrizen getrennt nach den jeweils festgelegten Entscheidungszielen ausgewertet. Als Resultat dieser Auswertung erhält man für das konkrete Planungsbeispiel die auf Bild 9 dargestellte Matrix hypothetisch gewichteter Zielerreichungsgrade. Waagerecht sind die miteinander konkurrierenden Entscheidungsziele $z^{(1)} = z^{(I)}$, $z^{(2)} = z^{(V)}$ und $z^{(3)} = z^{(S)}$ und senkrecht die den Optimierungsraum beschreibenden E-Strategien aufgetragen. Die Konkurrenz zwischen den Entscheidungszielen zeigt sich darin, daß bei einer Optimierung nach Entscheidungsziel $z^{(1)}$ die Strategie E_{11}, d. h. Direktanschaltung mit 110-kV-Einfachleitung, ein 25-MVA-Transformator und Teilausbau der MS-Schaltanlage optimal ist. Das Entscheidungsziel $z^{(2)}$ führt auf die Ergebnisvarianten E_{27}, E_{210}, R_{213} und E_{216}, d. h. Direktanschaltung mit 110-kV-Doppelleitung und zwei 40-MVA-Transformatoren, wobei für die Höhe der Netzverluste die Art der Transformatorenumschaltung, Handumschaltung (H) bzw. automatische Umschaltung (A) und die Gestaltung der MS-Schaltanlage des geplanten 110-kV-UW B_2 bedeutungslos ist. Bei Entscheidungsziel $z^{(3)}$ werden die Strategien E_{211}, E_{212} und E_{213} (Direktanschaltung mit 110-kV-Doppelleitung, zwei 110-/20-kV-Transformatoren mit USAT-Automatik und Teilausbau der MS-Schaltanlage des UW) optimal ausgewiesen. Wegen der erfolgten Bewertung möglicher Leistungsabgebote entsprechend [5] gibt es keine Unterschiede in der Versorgungszuverlässigkeit zwischen Transformatoren unterschiedlicher Nennleistung aber gleicher Umschaltmöglichkeit. Deshalb auch die Gleichrangigkeit zwischen den Strategien E_{211}, E_{212} nnd E_{213}.

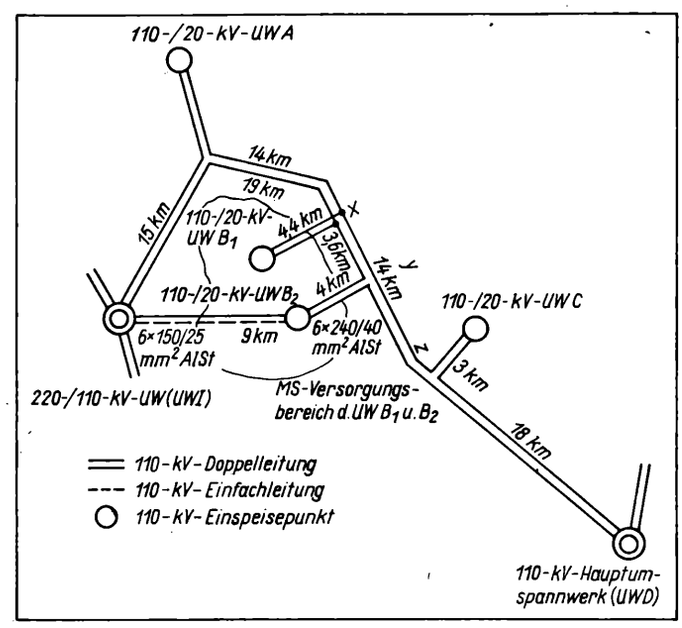


Bild 6. Topologie für das 110-kV-Netzbeispiel

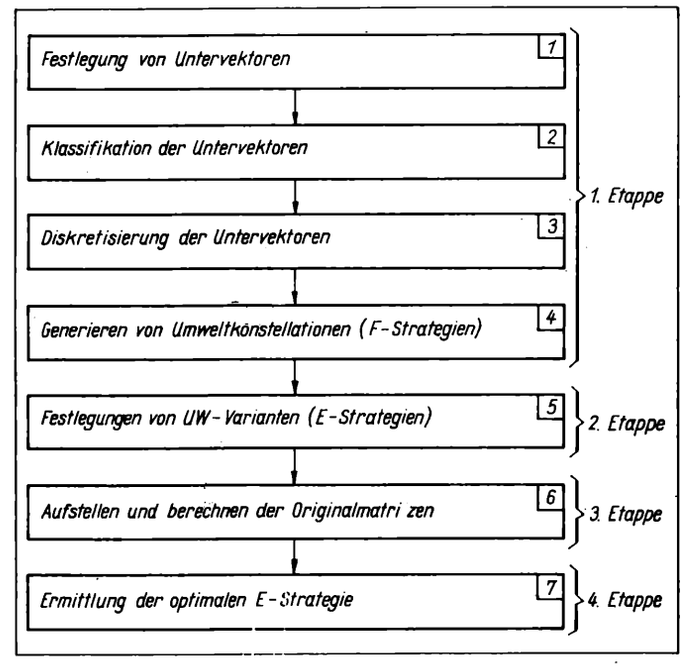


Bild 7. Entscheidungsablauf

Mit den für das jeweilige Entscheidungsziel $z^{(k)}$ als optimal ausgewiesenen E-Strategien ist natürlich keine Entscheidung möglich. Diese gelingt auf der Grundlage logischer Zielverknüpfungen. Nach [2] besteht ein Anhaltspunkt zum Erkennen der logischen Struktur der Entscheidungszielverknüpfungen in der Verteilung der verschiedenen Konsequenzen der Entscheidung auf unterschiedliche Instanzen. Unter diesem Gesichtspunkt sind bei der Planung von 110-kV-UW folgende Entscheidungszielverknüpfungen zu diskutieren:

1. konjunktive Verknüpfung $(z^{(1)} \wedge z^{(2)} \wedge z^{(3)}$
2. gemischt disjunktiv-konjunktive Verknüpfung I
   $((z^{(2)} \vee z^{(3)}) \wedge z^{(1)})$
3. gemischt disjunktiv-konjunktive Verknüpfung II
   $((z^{(1)} \vee z^{(2)}) \wedge z^{(3)})$.

Davon ausgehend, daß sich bei diesem konkreten Fall des diskreten Netzausbaus öffentlicher EEVS die Entscheidungskonsequenzen auf den EVB, die Gesellschaft und die Anbehmer von Elektroenergie aufteilen, besteht nur bedingt die Möglichkeit des Ausgleiches ungünstiger und günstiger Konsequenzen der Entscheidung. Deshalb ist zur aggregierten Bewertung der Handlungsalternativen von der konjunktiven Verknüpfung der Entscheidungsziele auszugehen. Die Anwendung der gemischt disjunktiven Verknüpfungen kann zu Übervorteilung einzelner Instanzen bei der Ent-

Bild 8. Generieren der F-Strategien des gegebenen Entscheidungsproblems

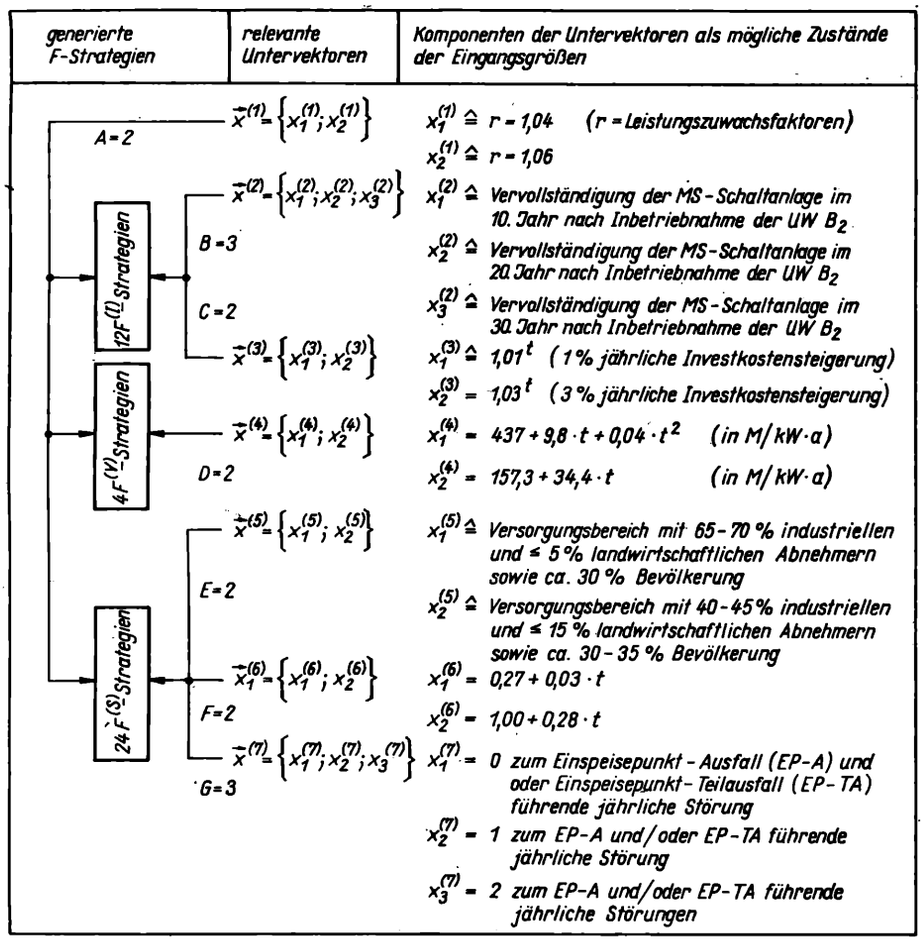


Bild 9. Beispielmatrix zur Entscheidungsfindung auf der Grundlage logischer Zielverknüpfungen und gewichteter Zielerreichungsgrade

E-Strategie	Betriebsmittel d. E-Strategie			konjunktive Zielverknüpfung von			$\min_i \varrho_i^{(k)} / g^{(k)}$	E-Strategie	Betriebsmittel d. E-Strategie			konjunktive Zielverknüpfung von			$\min_i \varrho_i^{(k)} / g^{(k)}$
	Frl.	Tr.	MS-Sch.	$z^{(1)}$	$z^{(2)}$	$z^{(3)}$			Frl.	Tr.	MS Sch	$z^{(1)}$	$z^{(2)}$	$z^{(3)}$	
E_{11}	R	R25	TA	20,000	4,110	0,032	0,032	R - Reparatur; H - Handumschaltung							
E_{12}	R	R40	TA	19,116	4,175	0,032	0,032	A - Automatik; F - Fehlerabschaltung							
E_{13}	R	R25	VA	16,872	4,110	0	0	TA - Teilausbau mit MS-Schaltzellen							
E_{14}	R	R40	VA	16,854	4,175	0	0	VA - Vollausbau mit MS-Schaltzellen							
E_{21}	A	R25	TA	15,386	4,807	0,734	0,734	E_{31}	F	R25	TA	19,604	0	0,751	0
E_{22}	A	R40	TA	15,096	4,872	0,734	0,734	E_{32}	F	R40	TA	18,916	0,079	0,751	0,079
E_{23}	A	R25	VA	12,438	4,807	0,697	0,697	E_{33}	F	R25	VA	16,654	0	0,716	0
E_{24}	A	R40	VA	12,420	4,872	0,697	0,697	E_{34}	F	R40	VA	16,212	0,079	0,716	0,079
E_{25}	A	H16	TA	3,846	4,972	1,254	1,254	E_{35}	F	H16	TA	10,334	0,200	1,204	0,200
E_{26}	A	H25	TA	3,150	4,997	1,254	1,254	E_{36}	F	H25	TA	9,638	0,242	1,204	0,242
E_{27}	A	H40	TA	3,510	5,000	1,254	1,254	E_{37}	F	H40	TA	9,996	0,237	1,204	0,237
E_{28}	A	H16	VA	0,898	4,973	1,220	0,898	E_{38}	F	H16	VA	7,384	0,200	1,176	0,200
E_{29}	A	H25	VA	0,202	4,997	1,220	0,202	E_{29}	F	H25	VA	6,690	0,242	1,176	0,242
E_{210}	A	H40	VA	0,560	5,000	1,220	0,560	E_{310}	F	H40	VA	7,048	0,237	1,176	0,237
E_{211}	A	A16	TA	3,644	4,973	1,333	1,333	E_{311}	F	A16	TA	10,130	0,200	1,289	0,200
E_{212}	A	A25	TA	2,948	4,997	1,333	1,333	E_{312}	F	A25	TA	9,436	0,242	1,289	0,242
E_{213}	A	A40	TA	3,306	5,000	1,333	1,333	E_{313}	F	A40	TA	9,794	0,237	1,289	0,237
E_{214}	A	A16	VA	0,696	4,973	1,298	0,696	E_{314}	F	A16	VA	7,182	0,200	1,258	0,200
E_{215}	A	A25	VA	0	4,997	1,298	0	E_{315}	F	A25	VA	6,486	0,242	1,258	0,242
E_{216}	A	A40	VA	0,358	5,000	1,298	0,358	E_{316}	F	A40	VA	6,846	0,237	1,258	0,237

scheidungsfindung führen. Mit der so begründeten Konjunktion der Entscheidungsziele (UND-Verknüpfung) ist unter Berücksichtigung von Zielgewichten die Auswertung der Matrix entsprechend Bild 9 mit dem GERMAIER-Kriterium (Gl. (10)) möglich.

$$\eta^{(GER)} = \max_i \min_{(k)} \varrho_i^{(k)} \frac{1}{g^{(k)}} \tag{10}$$

$\eta^{(GER)}$ der Situation bei der Planung von 110-kV-UW angepaßtes GERMAIER-Ersatzziel

$\varrho_i^{(k)}$ Zielerreichungsgrad bei Realisierung der Strategie E_i für das Entscheidungsziel $z^{(k)}$

$g^{(k)}$ hypothetisches Gewicht des Entscheidungszieles $z^{(k)}$

Durch einmalige Anwendung des GERMAIER-Kriteriums werden zunächst die Strategien E_{211}, E_{212} und E_{213} als optimal ausgewiesen. Durch die Gleichrangigkeit der Strategien E_{211}, E_{212} und E_{213} bezüglich des Entscheidungszieles $z^{(3)}$ ist noch eine aggregierte Be-

Fortsetzung auf S. 343

Entdeckungen von Grundlagen der Übertragungstechnik von Elektroenergie bis 1883 und erste Entscheidungen ihrer Anwendung[1)]

E. Muschick, KDT, Zittau

In unserer geschichtsinteressierten Zeit werden manche Fachleute angeregt, ihr spezielles Arbeitsgebiet und ihren Arbeitsgegenstand rückblickend zu betrachten und kritisch auszuwerten. Ein solcher Rückblick gibt Einsicht auf die Entwicklung des betrachteten Fachgebietes und vermittelt häufig genug Anregungen für den künftigen Fortgang. Besonders ist die Analyse der Entscheidungssituationen und der seinerzeit getroffenen Entscheidungen von Interesse, da sie die Entwicklung maßgebend beeinflußten und sich heute möglicherweise Analogieschlüsse zu aktuellen Entscheidungssituationen ableiten lassen.

Auch die Elektroenergieübertragung bietet sich für einen solchen geschichtlichen Rückblick an und ist besonders deshalb interessant, weil sie mit sehr vielen anderen Fachgebieten und Wissenschaftsdisziplinen verbunden ist und ihre Entwicklung weittragende Konsequenzen für viele andere technische Zweige hatte und hat.

1. Grundlegende Entdeckungen

Von den ersten beobachteten Erscheinungen bis zur heutigen Übertragungstechnik für Elektroenergie mußte ein langer schwerer und mit Irrtümern beladener Weg zurückgelegt werden.

Bereits 1729 experimentierte *Gray* mit einer feuchten Hanfschnur. Es gelang ihm, elektrostatische Wirkungen auf Entfernungen von etwa 200 m zu übertragen. Um jedoch die Übertragungseigenschaften genauer zu analysieren, fehlte es ihm sowohl an experimentellen und technischen Möglichkeiten als auch am Motiv.

1777 führte *Lichtenberg* die positive (Glas) und die negative (Hartgummi) Ladung ein. *Oerstedt* zeigt 1820, daß ein stromdurchflossener Leiter eine Magnetnadel auslenkt.

Erst 1824 entdeckte *Arago* die Bewegung einer Magnetnadel bei Bewegung einer in der Nähe befindlichen Kupferscheibe und umgekehrt.

Mit *Faradays* Entdeckung der Induktion im Jahre 1831 war ein wesentlicher Schritt getan, um Motive und Möglichkeiten für die Übertragung elektrischer Energie zu finden.

1866 erkannte und formulierte *Siemens* das dynamoelektrische Prinzip und baute schließlich einen „Dynamo".

Nunmehr setzte eine rasche Entwicklung ein. 1879 ersetzte *Baily* die Magnetnadel im *Arago*-Modell durch vier Gleichstrommagnete, die durch Handumschaltung ein ruckweise umlaufendes Magnetfeld ergaben. *Edison* legte im gleichen Jahr eine technisch-verwertbare Glühlampe vor.

1881 fand die erste internationale Elektrizitätsausstellung in Paris statt. *Edison* zeigte dort eine Gleichstromzentrale mit vollständigem Verteilungssystem und *Deprez* eine „Kraftübertragung" auf 1800 m mittels Gleichstrom.

Die technische Verwendung elektrischer Energie begann und breitete sich rasch aus. Man förderte dies durch weitere Ausstellungen. Auf der Münchner Ausstellung im Jahre 1882 demonstrierten *Deprez* und *O. v. Miller* die erste Fernübertragung mit einer 2000-V-Gleichstromfreileitung von Miesbach nach München über 57 km mit zwei Eisendrähten von 4,5 mm Durchmesser auf Telegraphenstangen mit einem Wirkungsgrad von 22,5 % bei 1,1 kW (1,5 PS).

Im gleichen Jahr errichtete *Edison* das erste Elektrizitätswerk (Lichtwerk) für 2000 Lampen in London.

Für die nunmehr einsetzenden Bemühungen um die Übertragung elektrischer Energie gab es nachhaltige Motive. Die Erzeugungsanlagen in den Stadtzentren belasteten die Umwelt. Außerhalb der Städte konnte man dies vermeiden, billigen Baugrund erwerben und zudem bei genügend weiter Übertragung billige Energiequellen nutzen. Von der Übertragung hing in hohem Maße ab, ob die neue Energieart vorteilhaft würde.

Schon im Jahre 1883 folgte die Wiener elektrotechnische Ausstellung. Die Firma *Ganz und Co.* präsentierte dort ein Wechselstromverteilungssystem.

Im gleichen Jahr wurde eine weitere Voraussetzung für die großtechnische Elektroenergieübertragung geschaffen: *de Laval* entwickelte die erste Dampfturbine von 7,44 kW (10 PS).

2. Verwertung und Hindernisse

Elektrische Energie wurde in den Anfangsjahren zunächst zum Zwecke der Beleuchtung verwandt. Erste Anwendungen fand sie in der Straßenbeleuchtung. Ein erfolgreicher Versuch gelang *Siemens* mit der Beleuchtung des Pariser Platzes vor dem Brandenburger Tor in Berlin am 9. August 1880 durch Differential-Bogenlampen. Opernplatz und Zeughausplatz folgten bald.

Viele Anwender standen nun vor der Entscheidung, „Leuchtgas" oder „Elektrizität" für Beleuchtungszwecke einzusetzen. Dabei war es für die Zeitgenossen nicht ganz einfach, emotionslos zu entscheiden. Die Kölnische Zeitung vom 27. 8. 1910 [1] schreibt: *„Nicht immer ist ja der Kampf sehr maßvoll betrieben worden, und auf beiden Seiten ist man gelegentlich wohl weiter gegangen als wissenschaftliche Gegner es tun dürfen. Haben die Gasleute bisweilen mit dem Begriff des Kurzschlusses harmlose Gemüter zu erschrecken gesucht, so ist auch andererseits der Elektriker nicht berechtigt, in jeder Gasanlage eine Explosionsgefahr zu erblicken".*

Die Gleichrangigkeit von Kurzschluß und Explosionsgefahr bedingt allerdings selbst in dieser maßvollen Äußerung eine ungleiche Bewertung.

Bald mußte zwischen dem Glühlicht und dem Bogenlicht gewählt werden, und auch diese Entscheidung war damals weit schwerer als es aus heutiger nüchterner Sicht erscheint.

Die Gestaltung elektrischer Anlagen war von Beginn an mit Sicherheitsentscheidungen verknüpft, und es gab gerade in der frühen Zeit reichlich unausgewogene Lösungen in beiderlei Richtungen. Wegen der höheren Brandsicherheit hatten vor allem Theater ein handfestes Motiv, das „kalte" elektrische Licht einzuführen, und sie gehörten zu den ersten Großabnehmern der „Lichtwerke". Die Benutzungsstundenzahl der Erzeugungsanlagen blieb sehr gering, solange die Energie vornehmlich zu Beleuchtungszwecken eingesetzt wurde. Die Elektrizitätswerke gewährten deshalb den Abnehmern beachtliche tarifliche Vorteile für den „Kraftstrom", um die Anlagen besser auszulasten. Elektromotor oder Gasmotor oder Dampfantrieb war deshalb bald darauf ein neues Entscheidungsproblem in der Wirtschaft.

Über Entdeckungen und ihre Umstände finden sich in der Literatur viele Äußerungen, über Entscheidungen dagegen wenige.

Infolge subjektiver Kriterien war man auch selten bereit, diese kundzutun.

Solange Entscheidungen kaum an ein Regelwerk gebunden sind, scheint es ja auch leicht zu entscheiden und ist deshalb vielleicht des Erwähnens nicht wert. Nachfolgende Prüfungen sagen dann zwar über das Entscheidungsergebnis, aber weniger über die Entscheidungsqualität aus.

In der Festschrift zum fünfundzwanzigjährigen Bestehen des Verbandes SEW[2)] [2] wird allerdings ein Entscheidungsvorgang geschildert, bei dem dies anders ist:

„Ein Fabrikant, der einen Gasmotor für seinen Betrieb benutzte, verlangte, daß der vom Werk zu liefernde Elektromotor gegen diesen Gasmotor anarbeiten sollte, um festzustellen, welcher der stärkere sei. Als dieses Experiment kurzerhand und ohne Bedenken ausgeführt wurde, wobei der Gasmotor tatsächlich zum Stillstand gelangte, war man von dem Wert des Elektromotors vollkommen überzeugt. Durch diesen drastischen Beweis wurde die Einführung der Elektromotoren wesentlich gefördert."

Zu bauen ist auf solch ein Entscheidungskriterium allerdings nicht.

Ein großes Feld von Entscheidungen liegt noch vor der technischen Anwendung in der Forschung und Entwicklung. Diese Entscheidungen sind noch schwerer zu rekonstruieren. Die bereits genannte Anordnung von *Baily* enthielt zwei sehr wesentliche Merkmale des Drehstrom-Induktionsmotors. *Baily* entschied sich dafür, diesen Ansatz nicht weiter zu verfolgen, obwohl er danach befragt wurde. *Tesla* war von der praktischen Bedeutung seiner Arbeiten zum

Prof. Dr. sc. techn. *Edwin Muschick*, Ingenieurhochschule Zittau, Sektion Elektroenergieversorgung.

[1)] Aus einem Vortrag zum X. KDT-Kolloquium des KVE am 10. April 1986

[2)] Sächsische Elektrizitätswerke

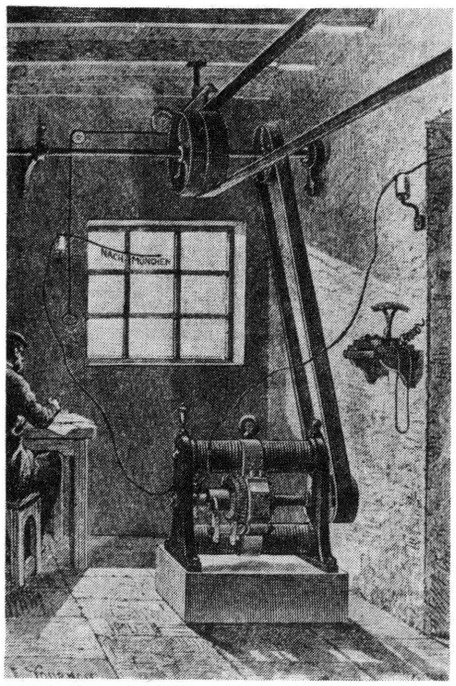


Bild 1. Generatorstation Miesbach der „Kraftübertragung" Miesbach — München 1882

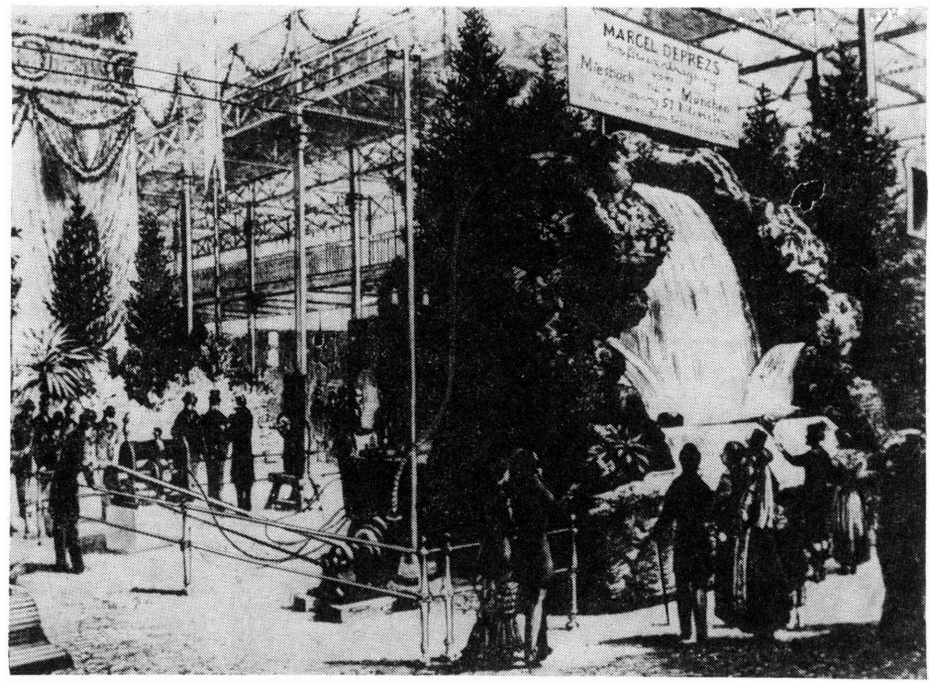


Bild 2. Wasserfall der „Kraftübertragung" Miesbach — München auf der Münchner Elektrotechnischen Ausstellung im Glaspalast 1882

Mehrphasensystem trotz anfänglich geringer Resonanz überzeugt und führte sie konsequent fort, konzentrierte sich aber nur auf den physikalischen Kern des Problems. Zur konstruktiven Entwicklung konnte er sich nicht entschließen. *Siemens* dagegen entschied sich anders. Als er 1841 wegen einer Sekundanz bei einem Duell zu Festungshaft verurteilt das elektrochemische Vergoldungsverfahren entdeckte, nahm er von einem zu ihm vorgedrungenen Juwelier 40 „Louisdor" für die Berechtigung, dieses Verfahren zu nutzen, an, und er verwandte diese Mittel für weiteres Experimentieren, wobei seine Arbeiten immer auf eine praktische Verwendung zielten.

Keine Forschungsarbeit kann mit letzter Gewißheit über den Ausgang derselben begonnen werden. Es hängt wohl mit der Grundhaltung bei Entscheidungen zusammen, wie man dabei auf die Anwendung der Ergebnisse zuarbeitet.

3. Folgerung

Fehlende Informationen, fehlende Einsicht in Sachzwänge eines zu lösenden technischen Problems führen häufig zu dem Versuch, diese durch Glauben, Hoffnungen und Emotionen zu ersetzen. Die daraus entstehenden Voreingenommenheiten befördern oder behindern den Entwicklungsgang eines Gebietes. Ob nun im alten Rom Attrappen oder noch früher leibhaftige schöne Jungfrauen in Brückenfundamente eingemauert wurden [3], in beiden Fällen glaubte oder hoffte man dadurch, Wirkungen ungenügender Kenntnisse von Naturgesetzen auszugleichen.

Schon aus den Anfangsjahren der Elektroenergieübertragungstechnik ist zu erkennen, daß Entscheidungen nicht immer bei vollständiger Information gefällt wurden. Im Einzelfall können Intuition und Emotion den Mangel ausgleichen, aber sie sind keine verläßliche Grundlage für die technische Entwicklung und wirken zuweilen auch nachhaltig hemmend.

Leonardo da Vinci's Ausspruch

„Es wird keinerlei Glaubwürdigkeit in den Wissenschaften geben, wo man keine der mathematischen Wissenschaften anwenden kann und auch nicht in dem was keine Verbindung zur Mathematik hat" regt die Überlegung an, ob nicht auch der Entscheidungsvorgang bei Entscheidungen in der Entwicklung eines technischen Gebietes „Verbindung zur Mathematik" haben muß, also auf formale Grundlagen abgestützt sein sollte.

In einem folgenden Aufsatz, der die Entwicklung der Elektroenergieübertragung in der Zeit von 1884 bis 1905 zum Gegenstand hat, wird dieser Frage nachgegangen.

Tafel 1. Namensverzeichnis

Gray, Stephan (um 1670 bis 15. 2. 1736)
Physiker, London
Lichtenberg, Georg Christoph (1. 7. 1742 bis 24. 2. 1799)
Experimentalphysiker, Göttingen
Oerstedt, Hans Christian (14. 8. 1777 bis 9. 3. 1851)
Physiker, Kopenhagen
Arago, Francois (26. 2. 1786 bis 2. 10. 1853)
Ingenieur, Paris
Faraday, Michael (22. 9. 1791 bis 25. 8. 1867)
Physiker, Chemiker, London
Siemens, Werner (13. 12. 1816 bis 6. 2. 1892)
Ingenieur, Berlin
Baily, Walter (15. 3. 1837 bis unbekannt)
Physiker, Chambridge
Edison, Thomas Alva (11. 2. 1847 bis 18. 10. 1931)
Ingenieur, New York
Deprez, Marcel (19. 12. 1843 bis 13. 10. 1918)
Mathematiker, Paris
von Miller, Oskar (7. 5. 1855 bis 9. 4. 1943)
Ingenieur, München
de Laval, Carl Gustav Patrik (9. 5. 1845 bis 2. 2. 1913)
Ingenieur, Stockholm
Tesla, Nicola (10. 7. 1857 bis 7. 1. 1943)
Physiker, New York
da Vinci, Leonardo (15. 4. 1452 bis 2. 5. 1519)
Maler, Bildhauer, Ingenieur, Mailand/Florenz

Literatur

[1] Elektrizität und Gas, zwei feindliche Brüder. Kölnische Zeitung vom 27. 8. 1910
[2] Die Entwicklung der öffentlichen Elektrizitätswirtschaft in Sachsen. Festschrift zum 25jährigen Bestehen des Verbandes der sächsischen Elektrizitätswerke 1905—1930; Bearbeitet von *W. Meyer-Coschütz*, Verband SEW 1930
[3] *Chazanovskij, K.:* Warum irrten die Experten. Moskau/Berlin: Verlage: MIR 1975/Verlag Technik 1983
[4] *Petersen, W.:* Entwicklung der Krafterzeugung und Kraftübertragung der letzten 50 Jahre in Deutschland. ETZ 51 (1930) 4, S. 107—113
[5] *Grössel, H.; Pohl, E.:* 150 Jahre Elektrotechnik. Würzburg: Vogel-Verlag KG 1981
[6] *Gersdorff, B.:* 100 Jahre öffentliche Elektrizitätsversorgung in Deutschland. Elektrizitätswirtschaft 83 (1984) 9/10, S. 402—414
[7] *Hillebrand, F.:* Zur Geschichte des Drehstroms. ETZ-A 80 (1959) 13, S. 409—421 und 14, S. 453—461

EA 5705

Einfluß des Oberwellengehaltes auf den systematischen Fehler von Wechselspannungsmeßgeräten mit Gleichrichterbaugruppen

L. Krawczack, KDT; A. Odin, KDT; Berlin

Verwendete Formelzeichen

e^*	relativer Fehler
K	Klirrfaktor
N	Anzahl der Harmonischen
T	Periodendauer
t	Zeit
u	Spannug
τ	Substitutionsvariable, $\tau = \omega t$
φ	Nullphasenwinkel
ω	Winkelfrequenz

Indizes

n	Zählindex, Ordnung der jeweils betrachteten Harmonischen
Gl	bezeichnet den Gleichrichtwert
Sp	bezeichnet den Spitzenwert
Σ	bezeichnet das Gesamtsignal (Summensignal)
m	bezeichnet den Fehler eines Meßwertes
r	bezeichnet den Fehler eines aus Meßergebnissen hervorgegangenen Rechenwertes

Symbole

$\sim$	Effektivwert
$\wedge$	Scheitelwert (Spitzenwert)
$-$	Mittelwert

Die ständige Weiterentwicklung der Mikroelektronik stellt in den letzten Jahren immer höhere Anforderungen an die Genauigkeit der Messungen von Strömen und Spannungen. Während die Messung von Gleichspannungen unter Verwendung von Digitalvoltmetern nahezu problemlos mit einer relativen Genauigkeit bis zu 10^{-5} erfolgen kann, ist die meßtechnische Erfassung von Wechselspannungen mit einigen Problemen behaftet. Die charakteristische integrale Größe zur Beschreibung einer Wechselgröße ist der Effektivwert. Da dieser nur mit großem gerätetechnischem Aufwand genau erfaßt werden kann, wird meist der Gleichrichterwert[1]) oder in Ausnahmefällen der Spitzenwert oder die Schwingungsbreite eines Signals gemessen und mit den für sinusförmige Größen geltenden Beziehungen in den Effektivwert umgerechnet. Diese Ermittlung des Effektivwertes liefert Ergebnisse ohne systematischen Fehler solange die Meßgröße ein reines Sinussignal ist. Eine Vielzahl der zu untersuchenden Signale ist jedoch nichtlinear verzerrt, d.h. enthält Oberwellen. Hierbei führt die übliche Umrechnung zu systematischen Fehlern, deren Größe ohne Kenntnis der die Kurvenform bestimmenden Parameter nicht angegeben werden kann. Speziell im Falle von Spannungsmeßgeräten mit Gleichrichterbaugruppen ergeben sich auf diese Weise immer systematische Fehler unbekannter Größe.

Ziel der Untersuchungen war es, die systematischen Fehler, die sich bei der Messung von nichtlinear verzerrten Signalen durch digitale Wechselspannungsmeßgeräte mit Gleichrichterbaugruppen ergeben, zu ermitteln und nach Möglichkeiten zu suchen, die Ergebnisse für die meßtechnische Praxis zu verallgemeinern.

1. Mathematische Aufbereitung

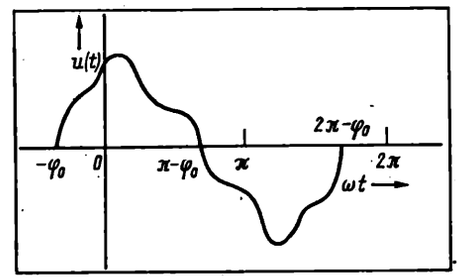
Als Maß für die nichtlinearen Verzerrungen eines Signals wird in der meßtechnischen Praxis der Klirrfaktor

$$K = \sqrt{\sum_{n=2}^{N} \hat{U}_n^2} \Big/ \sum_{n=1}^{N} \hat{U}_n^2 \cdot 100\% \qquad (1)$$

Dr.-Ing. *Lothar Krawczack* ist Forschungsingenieur, Dr.-Ing. *Andreas Odin* Fachgebietsleiter im Amt für Standardisierung, Meßwesen und Warenprüfung, Fachabteilung Metrologie in der Elektrotechnik/Elektronik.

[1]) arithmetischer Mittelwert des Betrages

Bild 1.
Nichtlinear verzerrtes Signal mit gleichabständigen Nullen



verwendet. Um den Einfluß der nichtlinearen Verzerrungen auf den systematischen Fehler der genannten Geräte analytisch beschreiben zu können, ist aber der Klirrfaktor allein nicht ausreichend; es ist die Angabe von Amplitude und Nullphasenwinkel jeder einzelnen Harmonischen[2]) des verzerrten Signals erforderlich. Das verzerrte Signal (Summensignal) kann dann nach einer Fourier-Reihe beschrieben werden

$$u(t) = \sum_{n=1}^{N} \hat{U}_n \sin[n(\omega t + \varphi_n)]^{3}). \qquad (2)$$

Mit Hilfe von (2) lassen sich der Effektivwert $\tilde{u}$, der arithmetische Mittelwert des Betrages (Gleichrichtwert) u_{Gl} und der Scheitelwert $\hat{U}$ des Summensignals berechnen. Man erhält für den Effektivwert die bekannte Beziehung

$$\tilde{u} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T u^2(t)\,dt} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} u^2(\tau)\,d\tau} = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{\sum_{n=1}^{N} \hat{U}_n^2} =$$

$$= \sqrt{\sum_{n=1}^{N} \tilde{u}_n^2}. \qquad (3)$$

Für den Gleichrichtwert gilt definitionsgemäß

$$u_{Gl} = \frac{1}{T}\int_0^T |u(t)|\,dt = \frac{1}{2\pi}\int_{-\varphi_0}^{2\pi-\varphi_0} |u(\tau)|\,d\tau. \qquad (4)$$

Unter der Voraussetzung, daß die Nullstellen des Summensignals nach Bild 1 den Abstand von einer halben Periode (π) haben, ergibt sich mit

$$|u(\tau)| = \begin{cases} u(\tau) & \text{für} \quad -\varphi_0 < \tau < \pi - \varphi_0 \\ -u(\tau) & \text{für} \quad \pi - \varphi_0 < \tau < 2\pi - \varphi_0 \end{cases}$$

für den Gleichrichtwert die Beziehung

$$u_{Gl} = \frac{1}{2\pi}\left[\sum_{n=1}^{N} \hat{U}_n \int_{-\varphi_0}^{\pi-\varphi_0} \sin[n(\tau+\varphi_n)]\,d\tau - \sum_{n=1}^{N} \hat{U}_n \int_{\pi-\varphi_0}^{2\pi-\varphi_0} \sin[n(\tau+\varphi_n)]\,d\tau\right]. \qquad (5)$$

Die Integration liefert mit $\varphi_0 = 0$

$$u_{Gl} = \frac{2}{\pi}\sum_{n=1}^{N} \frac{\hat{U}_n}{n}\cos(n\varphi_n), \qquad (6)$$

d.h., die Phasenwinkel φ_n aller Harmonischen werden auf den Nulldurchgang des Summensignals bezogen. Die oben genannte Voraussetzung ist dann erfüllt, wenn die Amplituden der geradzahligen Harmonischen Null oder vernachlässigbar klein sind. Dies ist für die Mehrzahl der praktischen Anwendungsfälle mit hinreichender Näherung gewährleistet. Wird die genannte Bedingung nicht erfüllt, so müssen in (5) als Integrationsgrenzen die — nunmehr veränderlichen — Nullstellen des Summensignals eingesetzt werden. Deren Bestimmung muß zuvor numerisch erfolgen, was die Berechnung des Gleichrichtwertes des Summensignals erheblich verkompliziert.

Die für reine Sinusgrößen exakt gültige Umwandlung des Gleichrichtwertes in den Effektivwert erfolgt durch die Bewertung mit Faktor $\pi/2\sqrt{2}$ und wird in den Meßgeräten schaltungsmäßig oder durch entsprechende Kalibrierung der Skale realisiert. Dieser, aus der Gleichrichtung hervorgegangene „Effektivwert" $(\tilde{u})_{Gl}$ ist für nichtlinear verzerrte Signale mit einem systematischen Fehler

[2]) Für die mathematische Aufbereitung erweist sich die Verwendung von „Harmonischen" als günstiger. Dabei entspricht die Grundwelle der 1. Harmonischen und die (n — 1)te Oberwelle der n-ten Harmonischen.

[3]) Da für die zu untersuchenden Signale kein Gleichanteil zu erwarten ist, ist dieser in (2) nicht enthalten. Die Nullphasenwinkel φ_n der n-ten Harmonischen werden nach (2) ebenso wie das Produkt $\omega t = \tau$ mit der Ordnung n der jeweiligen Harmonischen multipliziert und damit auf die Grundwelle (1. Harmonische) abgebildet; dadurch wird die Darstellbarkeit der Meßergebnisse vereinfacht.

behaftet. Dieser Fehler wird durch die Bezugnahme auf den echten Effektivwert[4]) nach (3) berechnet

$$e_{Gl}^{*} = \left| \left(u_{Gl} \frac{\pi}{2\sqrt{2}} - \tilde{u} \right) \right| / \tilde{u} = |[(\tilde{u})_{Gl} - \tilde{u}]| / \tilde{u} . \qquad (7)$$

Die für den Gleichrichtwert gültigen Betrachtungen können auch für den Scheitelwert $\hat{U}_{\Sigma}$ des Summensignals angestellt werden. Dieser läßt sich allerdings nur numerisch ermitteln. Seine für Sinusgrößen exakt gültige Umrechnung in den Effektivwert $(\tilde{u})_{Sp}$ durch Bewertung mit dem Faktor $1/\sqrt{2}$ ist für mehrwellige Signale ebenfalls mit einem systematischen Fehler behaftet; für diesen Fehler erhält man

$$e_{Sp}^{*} = |(\hat{U}_{\Sigma}/\sqrt{2} - \tilde{u})|/\tilde{u} = |[(\tilde{u})_{Sp} - \tilde{u}]|/\tilde{u} . \qquad (8)$$

Aus den theoretischen Vorbetrachtungen dieses Abschnittes läßt sich bereits eine sehr wesentliche Schlußfolgerung ziehen. Während der Klirrfaktor und der echte Effektivwert eines mehrwelligen Signals nur von den Amplituden der einzelnen Harmonischen abhängen, gehen in den Gleichrichtwert und den Scheitelwert eines solchen Signals die Amplituden und die Nullphasenwinkel der Harmonischen ein. Demzufolge sind die systematischen Fehler nach (7) und (8) ebenfalls von der Phasenlage der einzelnen Harmonischen abhängig. Es ist also möglich, diese Fehler bei konstantem Effektivwert und konstantem Klirrfaktor durch Änderung der Phasenlage zu beeinflussen.

2. Experimentelle Untersuchungen

In vielen praktischen Anwendungsfällen entstammen die Meßsignale in irgendeiner Weise dem Netz; deshalb sollte zunächst auch das Netz auf seinen Oberwellengehalt und dessen Auswirkungen untersucht werden. Zu diesem Zweck wurde der Meßplatz nach Bild 2 aufgebaut, der auch für die Analyse definiert verzerrter Signale verwendet werden konnte.

2.1. Meßaufbau

Das Funktionsprinzip des Meßplatzes nach Bild 2 beruht darauf, daß mit Hilfe von Bandpaßfiltern die einzelnen Oberwellen aus dem Gesamtsignal herausgehoben werden. Die herausgefilterten Oberwellen werden zur Amplitudenmessung einem Digitalvoltmeter G 1204.500, das den echten Effektivwert mißt und anzeigt, und zur Phasenmessung einem digitalen Phasenmesser Φ 2—16, der den Phasenwinkel gegenüber dem Nulldurchgang des Summensignals mißt und anzeigt, zugeführt. Das Digitalvoltmeter dient außerdem zur Überwachung des (echten) Effektivwertes des Summensignals während der Dauer der gesamten Messung. Dies wird erreicht, indem ihm über einen Zweikanalschalter wechselweise entweder die herausgefilterte Oberwelle oder das Gesamtsignal zugeführt wird. Die Umschaltung des Zweikanalschalters erfolgt automatisch nach jeder Meßwertübernahme. Die Meßwertübernahme erfolgt durch das Interface IMS-1 (SI 1.2) in den Tischrechner K 1003, der über ein entsprechendes Zusatzgerät an dieses Interface angeschlossen werden konnte, wobei der Übernahmebefehl durch die interne Triggerung des Digitalvoltmeters erzeugt wird. Der automatische Meßablauf ermöglicht die Übernahme mehrerer Werte für jede Harmonische, die später durch das Rechnerprogramm gemittelt werden. Auf diese Weise können die relativ stark schwankenden Amplituden von Harmonischen höherer Ordnung mit hinreichender Genauigkeit bestimmt werden.
Der Meßablauf erfolgt so, daß die Frequenz der jeweiligen Harmonischen an den Filtern durch Handabstimmung eingestellt werden muß. Ist dies geschehen, so wird das Programm für die automatische Meßwertübernahme von $\tilde{u}_n$, φ_n, $\tilde{u}_{\Sigma}$ in den Rechner durchgeführt. Dabei wird die Anzahl der einzulesenden und anschließend zu mittelnden Werte durch den Bediener vorgegeben. Ist das Einlesen der eingestellten Harmonischen beendet, so erfolgt nach Berechnung der entsprechenden Größen ein Kontrollausdruck von Frequenz, Amplitude und Nullphasenwinkel der Harmonischen. Anschließend muß von Hand die nächste Frequenz eingestellt werden. Nach Messung der höchsten feststellbaren Harmonischen werden durch das Rechnerprogramm alle im Abschnitt 1. angegebenen Größen berechnet und ausgedruckt.

[4]) Die meßtechnische Erfassung des echten Effektivwertes kann z. B. durch die Verwendung eines Digitalvoltmeters vom Typ G 1204.500, das zur Effektivwertbildung einen Thermoumformer verwendet, erfolgen.

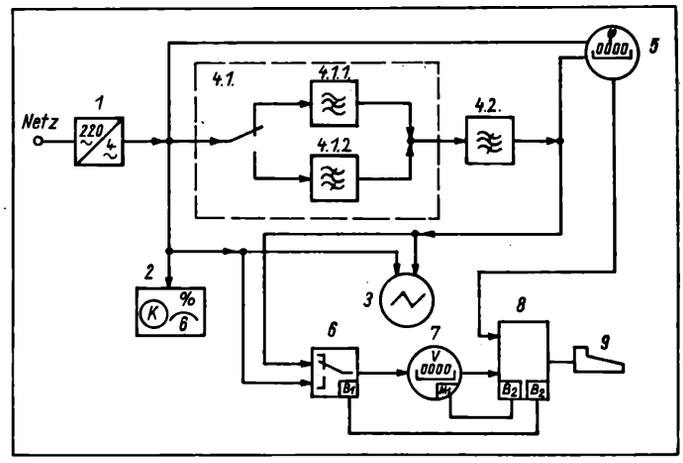


Bild 2. Meßplatz zur Oberwellenanalyse
1 Spannungsteiler mit Schutzschaltung; *2* Automatischer Klirrfaktormesser PMZ-9; *3* Zweikanaloszilloskop EO 213; *4* zwei Schmalbandfilter 01013; *5* Digitaler Phasendifferenzmesser Φ 2—16; *6* Zweikanalschalter 04002; *7* AC-RMS-Digitalvoltmeter G 1204.500; *8* Zusatzgerät zum Anschluß an das Interface IMS-1 (SI 1.2); *9* Tischrechner K 1003

Tafel 1. Mittlere Anteile der Harmonischen im Netz an verschiedenen Orten $\left(\sum_{n=2}^{N} \hat{U}_n \triangleq 100\,\%\right)$

Ort	$\overline{K}$ %	3. *Harm.* 150 Hz	5. *Harm.* 250 Hz	7. *Harm.* 350 Hz	*sonstige*
ASMW Berlin	1,7	73,7 %	19,6 %	4,6 %	2,1 %
Humboldt-Universität Berlin	2,0	9,2 %	35,3 %	54,4 %	1,1 %
ASMW Cottbus	1,2	49,2 %	41,5 %	2,6 %	6,7 %

Tafel 2. Systematische Fehler, die durch das Netz als Meßgröße verursacht werden

Ort	K in %	e_{Gl}^{*}	e_{Sp}^{*}
ASMW Berlin	1,5 bis 2,0	(0,7 bis 12,2) · 10^{-3}	(0,1 bis 43,6) · 10^{-3}
Humboldt-Universität Berlin	1,7 bis 2,5	(0,2 bis 4,0) · 10^{-3}	(0,3 bis 3,0) · 10^{-3}
ASMW Cottbus	1,2	(0,8 bis 1,9) · 10^{-3}	(0,2 bis 13,4) · 10^{-3}

Bei der Messung von Amplitude und Phasenlage der einzelnen Harmonischen müssen die Restdämpfungen und Phasenfehler der Filter berücksichtigt und durch das Rechnerprogramm korrigiert werden. Die Ermittlung der frequenzabhängigen Phasenfehler muß vor Beginn der eigentlichen Messungen für den speziellen Filtertyp experimentell erfolgen. Ein weiteres Problem ergibt sich dadurch, daß eine Phasenmessung im eigentlichen Sinne nur für Signale gleicher Frequenz möglich ist; sind die Frequenzen beider Signale unterschiedlich, so ist kein Phasenwinkel definiert und auch nicht meßbar. Bei dem vorliegenden Problem ist die Phasenmessung jedoch möglich, weil die Frequenz der jeweiligen Oberwelle ein ganzzahliges Vielfaches der Frequenz der Grundwelle ist. Dadurch erhält man am Phasenmesser eine stabile Anzeige, die unter Beachtung der Ordnung der jeweiligen Harmonischen durch das Rechnerprogramm auf den Nullphasenwinkel umgerechnet werden kann.

2.2. Analyse des 50-Hz-Netzes

Die Untersuchung des 50-Hz-Netzes wurde an mehreren Orten zu verschiedenen Zeiten durchgeführt. Dabei zeigte sich, daß die Verzerrungen im Netz unterschiedlich und nicht reproduzierbar sind. Es wurden zwischen 7 und 14 Harmonischen registriert und gemessen. Den stärksten Anteil hatten stets die dritte und fünfte Harmonische (150 Hz, 250 Hz). Der Anteil geradzahliger Harmonischer betrug in allen untersuchten Fällen nur wenige Promille der Grundwelle und war damit praktisch vernachlässigbar klein. Die Ergebnisse einer Vielzahl von Messungen sind in den Tafeln 1 und 2 zusammengefaßt. Tafel 1 gibt über den mittleren Anteil der einzelnen Oberwellen am gesamten Oberwellengemisch an verschiedenen Meßorten Auskunft und Tafel 2 über die Größenordnung der systematischen Fehler, die durch die jeweiligen Gleichrichtungsarten verursacht werden. Die relativ großen Streubreiten dieser Fehler sind weniger auf unterschiedliche Klirrfaktoren als vielmehr auf unterschiedliche Phasenlagen an den gleichen Meßorten zu verschiedenen Zeiten zurückzuführen.

Tafel 3. Maximal möglicher relativer Fehler bei ungünstigsten Phasenlagen in Abhängigkeit vom vorgegebenen Klirrfaktor

Ort	K in %	e^*_{Gl}	e^*_{Sp}
ASMW Berlin	1,5	$7 \cdot 10^{-3}$	$2{,}5 \cdot 10^{-2}$
	2,0	$9 \cdot 10^{-3}$	$3{,}5 \cdot 10^{-2}$
	5,0	$21 \cdot 10^{-3}$	$8{,}2 \cdot 10^{-2}$
Humboldt-Universität Berlin	1,5	$5 \cdot 10^{-3}$	$2{,}6 \cdot 10^{-2}$
	2,0	$7 \cdot 10^{-3}$	$3{,}5 \cdot 10^{-2}$
	5,0	$16 \cdot 10^{-3}$	$8{,}6 \cdot 10^{-2}$
ASMW Cottbus	1,5	$7 \cdot 10^{-3}$	$2{,}5 \cdot 10^{-2}$
	2,0	$9 \cdot 10^{-3}$	$3{,}5 \cdot 10^{-2}$
	5,0	$21 \cdot 10^{-3}$	$8{,}7 \cdot 10^{-2}$

Für das im ASMW zur Verfügung stehende Netz mit Klirrfaktoren von etwa 1,7 % können für Geräte mit Mittelwertgleichrichter mittlere systematische Fehler von etwa 10^{-3} und für Geräte mit Spitzenwertgleichrichter von etwa 10^{-2} angegeben werden.
Die Auswertung der Meßergebnisse zeigt, daß es nicht möglich ist, bestimmte Phasenlagen vorherzusagen oder von vornherein auf einen festen Wert, z.B. Null, zu setzen. Da die Ermittlung der Phasenlage meßtechnisch aber wesentlich schwieriger ist als die der Amplitude, wurde nach Möglichkeiten gesucht, auch ohne Kenntnis der Phasenlage zu Aussagen zu gelangen. Dazu wurde für die jeweilige Gleichrichtungsart analytisch die Konfiguration der ungünstigsten Phasenlage ermittelt, d.h. die, bei der die größten systematischen Fehler hervorgerufen werden. Auf diese Weise ist es möglich, allein aus der Kenntnis des Klirrfaktors und der Amplituden Aussagen über die maximal möglichen Fehler zu treffen. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind für die einzelnen Netze in Abhängigkeit vom Klirrfaktor in der Tafel 3 zusammengefaßt. Man erkennt, daß diese Fehler etwa das sechsfache der Fehler bei realer, aber nicht ungünstigster Phasenlage betragen.

2.3. Untersuchung definiert verzerrter Signale

Um für detaillierte Analysen definiert verzerrte Signale zur Verfügung zu haben, wurde ein Klirrgenerator gebaut, mit dem es möglich ist, ein feststehendes Signalgemisch beliebiger Frequenz, bestehend aus der Grundwelle und der zweiten bis fünften Harmonischen als Oberwellen mit veränderlichen Phasenlagen, zu erzeugen. Dieses so definiert verzerrte Signal wurde dem in Abschnitt 2.1. beschriebenen Meßplatz zugeführt und nach dem angegebenen Algorithmus ausgewertet. Das verzerrte Signal wurde zusätzlich zwei Digitalvoltmetern G 1212.500, die zur Meßwertbildung eine Mittelwertgleichrichtung durchführen, zugeführt, um so die Übereinstimmung zwischen theoretischen und experimentellen Ergebnissen überprüfen zu können. Die Spitzenwertgleichrichtung wurde nicht weiter untersucht.
Den Schwerpunkt der Untersuchungen bildeten Signale, die neben der Grundwelle nur die dritte und fünfte Harmonische oder nur eine von beiden enthalten. Signale mit geradzahligen Harmonischen brauchten aus den in Abschnitt 1. genannten Gründen nur beschränkt untersucht zu werden.
Bei den Untersuchungen wurden für die einzelnen Meßreihen die Amplituden und die Phasenlagen der Oberwellen beliebig variiert. Es wurden folgende Größen ermittelt:

- der systematische relative Fehler e^*_{Glr} zwischen den Rechenwerten für echten und aus der Gleichrichtwertsbildung hervorgegangenem Effektivwert nach (7)
- der systematische relative Fehler e^*_{Glm} zwischen den entsprechenden Meßwerten, also den Anzeigen der Digitalvoltmeter G 1204.500 und G 1212.500
- der relative Fehler e^*_{rm} zwischen dem berechneten aus der Gleichrichtwertbildung hervorgegangenen Effektivwert $(\tilde{u})_{Gl}$ und der entsprechenden Anzeige des Digitalvoltmeters G 1212.500.

Bereits erste Voruntersuchungen haben gezeigt, daß bei konstantem Oberwellengemisch durch Änderung der Phasenlagen der relative Fehler der Anzeige des G 1212 gegenüber der des G 1204 von — 0,5 % bis zu + 0,5 % variiert werden kann. Diese Tendenz wird durch die entsprechenden Rechenwerte bestätigt.

Es wurden insgesamt 67 Meßreihen unterschiedlich verzerrter Signale, deren Klirrfaktoren zwischen 1 % und 14 % lagen, aufgenommen. Der Mittelwert aller Klirrfaktoren betrug 6 %. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in der Tafel 4 zusammengefaßt. Man erkennt, daß die Fehler e^*_{Glr} und e^*_{Glm}, bei denen es sich um systematische Fehler handelt, um etwa eine Größenordnung höher liegen, als die Fehler e^*_{rm}. Dieser Fehler, der die Übereinstimmung der Rechen- und Meßwerte für die durch mehrwellige Signale hervorgerufenen systematischen Fehler wiedergeben soll, ist neben zufälligen Fehlern außerdem mit einem weiteren nichterfaßten systematischen Fehleranteil behaftet, der vermutlich durch das aus versuchstechnischen Gründen ständige unerwünschte Vorhandensein der zweiten Harmonischen, deren Phasenlage nicht einstellbar war und daher die Messung negativ oder positiv beeinflussen konnte, entsteht. Da die Amplitude dieser zweiten Harmonischen konstant bei etwa 1 % der Grundwelle lag, nahm ihr Einfluß bei größeren Klirrfaktoren ab. Auf Grund dessen, daß bei den Untersuchungen realer Netze die Amplituden der dort vorhandenen geradzahligen Harmonischen wesentlich kleiner als 1 % der Grundwelle waren, können die Ergebnisse trotzdem als für die meßtechnische Praxis verallgemeinerungsfähig angesehen werden.

Tafel 4. Mittelwerte und Standardabweichungen der Fehler definiert verzerrter Signale (mittlerer Klirrfaktor: 6,0 %)

Fehler	Mittelwert	Standardabweichung
e^*_{Glr}	$1{,}2 \cdot 10^{-2}$	$1{,}08 \cdot 10^{-2}$
e^*_{Glm}	$1{,}1 \cdot 10^{-2}$	$1{,}00 \cdot 10^{-2}$
e^*_{rm}	$3{,}2 \cdot 10^{-3}$	$5{,}45 \cdot 10^{-3}$

2.4. Auswertung der Ergebnisse

In Auswertung der Untersuchungen wurde der Versuch unternommen, einen alleinigen Zusammenhang zwischen dem Klirrfaktor und der Größe der Fehler anzugeben. Dazu wurden die relativen Fehler in Abhängigkeit vom Klirrfaktor graphisch dargestellt und eine lineare Regression durchgeführt. Es wurde sowohl mit linearem als auch logarithmischem Maßstab gearbeitet; die Darstellung im linearen Maßstab führte zu besseren Ergebnissen mit der Feststellung, daß für die Fehler e^*_{Glr} und e^*_{Glm} mit gewisser Berechtigung von einem linearen Anstieg über dem Klirrfaktor gesprochen werden kann. Beide Regressionsgeraden haben nahezu den gleichen Verlauf. Das Quadrat des Korrelationskoeffizienten beträgt aber nur 0,4 bzw. 0,37; deshalb wird auf konkrete Angaben und eine graphische Darstellung verzichtet. Diese Unsicherheit ist auf den Einfluß der Phasenlagen zurückzuführen. Die Fehler e^*_{rm} lassen sich nicht durch Regression verallgemeinern; das Quadrat des Korrelationskoeffizienten war in allen Fällen kleiner als 0,1. Daraus läßt sich die Schlußfolgerung ableiten, daß kein hinreichend gesicherter Zusammenhang zwischen dem Klirrfaktor und dem Gleichrichtwertfehler e^*_{rm} bei mehrwelligen Signalen besteht. Ein wesentlicher Einfluß wird aber durch die Phasenlage der Harmonischen ausgeübt. Dies ist die Bestätigung der theoretischen Vorüberlegungen aus Abschnitt 1. Diese Ergebnisse sind gültig, solange die Anteile geradzahliger Harmonischer nicht größer als 1 % der Grundwelle sind; dies ist für praktische Anwendungsfälle mit hinreichender Näherung gegeben.

3. Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurde nachgewiesen, daß die Messung des Effektivwertes von nichtlinear verzerrten Wechselspannungssignalen unter Verwendung von Meßgeräten mit Gleichrichterbaugruppen zur Entstehung von unkorrigierbaren systematischen Fehlern führt, deren Größe nicht allein durch den Klirrfaktor, sondern sehr wesentlich durch die Phasenlage der Oberwellen bestimmt wird. Die Größe dieser Fehler wurde einerseits an konkreten Netzen, andererseits an definiert verzerrten Signalen meßtechnisch und rechnerisch ermittelt, wobei eine gute Übereinstimmung zwischen theoretischen Voruntersuchungen und meßtechnischem Nachweis erzielt wurde.
Am Beispiel des Digitalvoltmeters G 1212.500 wurde experimentell nachgewiesen, daß die Anzeige dieses Gerätes bei Anregung mit einem nur aus ungeradzahligen Harmonischen bestehendem mehrwelligem Signal gut mit den aus der Gleichrichtwertbildung hervorgegangenen Rechenwerten übereinstimmt. Die Fehler zwischen Anzeige und Rechenwert sind im Mittel etwa um eine Größenordnung kleiner als die Fehler zwischen echtem und verfälschtem Effektivwert. Außerdem sind die erstgenannten Fehler nahezu unabhängig vom Klirrfaktor.
Damit wurde der Nachweis erbracht, daß ein Gerät, das die Effektivwertbildung durch Mittelwertgleichrichtung ersetzt, auch bei Anregung mit nichtlinear verzerrten Wechselspannungssignalen als Normal zur Eichung von Wechselspannungsmeßgeräten geringer Genauigkeit verwendet werden kann, wenn die Gleichrichtungen in Normal- und Vergleichsmeßgeräten nach demselben Prinzip arbeiten, selbst wenn der Klirrfaktor zwischen 1 und 5 % liegt. Die Genauigkeitsschranke wird dabei durch die Größe des Restfehlers von etwa $3 \cdot 10^{-3}$ vorgegeben. EA 5658

Einfluß der Streureaktanz auf Auslegung und Betriebsverhalten drehzahlgestellter Asynchronmotoren

H. Biesenack, Ilmenau

Verwendete Formelzeichen

b	Breite
h	Höhe
l	Länge
l_s	Ständerwicklungskopflänge
q	Lochzahl
V	magnetischer Spannungsabfall
w	Windungszahl
X	Reaktanz
λ	Streuleitwert
λ_i	ideeller Streuleitwert
λ_n	Streuleitwert der Nut
λ_s	Streuleitwert der Wicklungsköpfe für Ständer und Läufer
λ_0	Nutzleitwert
σ_d	Streufaktor der doppeltverketteten Streuung infolge Oberwellen
σ_{schr}	Streufaktor der doppelverketteten Streuung infolge Nutenschrägung
ξ	Wicklungsfaktor
Φ	Fluß
n	Nut
s	Steg
1	Ständer
2	Läufer

Fortsetzung von S. 337

wertung vorgenannter E-Strategien unter Beachtung der Entscheidungsziele $z^{(1)}$ und $z^{(2)}$ notwendig. Dabei führt das Entscheidungskriterium (10) auf die Strategie E_{211} (Direktanschaltung mit 110-kV-Doppelleitung, zwei 16-MVA-Transformatoren mit USAT-Automatik, Teilausbau der MS-Schaltanlage des UW B_2) als optimale Planungsvariante.

5. Zusammenfassung

Mit Hilfe des Modells [4] kann der im Bereich der öffentlichen Energieversorgung tätige Planungsingenieur Entscheidungen zur Standortwahl und Gestaltung von 110-kV-UW auf mathematischem Wege und geringem ökonomischen Risiko treffen. Mit der voranschreitenden Dezentralisierung der Datenverarbeitung (Nutzung von Kleinrechnersystemen (SKR) und intelligenten Terminals) im Bereich der öffentlichen Energieversorgung ist auf der Grundlage des Modells der Aufbau eines CAP-Systems (computer aided planning) zur Erhöhung der Aufwenderfreundlichkeit entsprechend [9] möglich.

Literatur

[1] *Muschick, E.:* Stand und Entwicklung strategischer Entscheidungsmodelle und deren Anwendung in der Elektroenergietechnik. ELEKTRIE, Berlin 33 (1979) 11, S. 563—568

[2] *Hänsel, A.:* Ein allgemeines Entscheidungskonzept zur Bearbeitung mehrzielorientierter Informationsmangelprobleme. Dissertation A, IHS Zittau, Sektion Elektroenergieversorgung, Zittau 1984

[3] *Kosse, E.; Radtke, H.-J.;* Planungsrichtlinie für Verteilungsnetze. IEV-Bericht-Nr. 74-1576-(1979) FE

[4] *Kiank, H.:* Strategisches Modell zur Standortwahl und Gestaltung von 110-/(20)-10-kV-Umspannwerken. Dissertation A, IHS Zittau, Sektion Elektroenergieversorgung, Zittau 1984

[5] *Kiank. H,:* Die Berücksichtigung von Leistungsabgeboten bei der strategischen Planung des EEVS. ELEKTRIE, Berlin 37 (1983) 5, S. 253—257

[6] *Bochanky, L.:* Begründung des Teilausbaus von MS-Schaltanlagen in 110-kV-UW mit Hilfe eines strategischen Modells. VEB EKD, Bericht-Nr. 51-018(1980) BE. Dresden 1980

[7] *Haim, K.-D.:* Berechnung und Bewertung der Netzverluste bei ungewissem Leistungsbedarf DA 4/80-D/E 1 der IHS Zittau, Sektion Elektroenergieversorgung, Zittau 1980

[8] *Nepomnjascij, V. A.:* Ucet nadeznosti pri proektirovannii energosistem. Moskau: Verlag Energij 1978

[9] *Sickmüller, G.; Schültz, B.:* Einsatz des Interaktiven Grafischen Systems (sicad-Netz) in Energieversorgungsunternehmen zur Planung, Berechnung und Verwaltung von elektrischen Versorgungsnetzen. Elektrizitätswirtschaft 82 (1983) 9, S. 297—300

EA 5632

Bei Spannungs- oder Stromwechselrichtern zur Drehzahlstellung von Asynchronmotoren hat die Größe der Streureaktanz der Maschine unter dem Gesichtspunkt der Größe der zu kommentierenden Ströme Bedeutung. Beim Einsatz von Spannungswechselrichtern ist eine große Streureaktanz erwünscht, um die zu kommentierenden Ströme zu begrenzen. Gewöhnlich wird in diesem Fall zusätzlich eine Vorschaltdrossel eingesetzt. Zur Optimierung des Drehstromantriebes insbesondere im Hinblick auf eine Verkleinerung der Vorschaltdrossel wäre eine Erhöhung der Streureaktanz der Asynchronmaschine günstig.

1. Möglichkeiten zur Streureaktanzerhöhung

Nach [1] setzt sich die gesamte Streureaktanz der Asynchronmaschine aus folgenden Teilen zusammen:

— Streureaktanz der Ständernut
— Streureaktanz der Läufernut
— Streureaktanz des Ständer- und Läuferwicklungskopfes
— doppeltverkettete Streuung im Ständer (Oberwellenstreuung)
— doppeltverkettete Streuung im Läufer (Oberwellenstreuung)
— Streureaktanz durch Nutschrägung.

Da für die Berechnung der Streureaktanz prinzipiell gilt

$$X \sim w^2 \lambda, \tag{1}$$

ergibt sich die Möglichkeit einer Veränderung der Streureaktanz sowohl über die Änderung ihrer einzelnen Anteile als auch über die Änderung der Spulenwindungszahl der Ständerwicklung. Allgemein sind die Variationsmöglichkeiten der Nutgeometrie des Ständers, der Lochzahl, des Wicklungsfaktors und der Stirnstreuleitwerte gering. Nach Gln. (1), (2), (3) und (4) gemäß [1] sind daher drei Möglichkeiten der Streureaktanzerhöhung interessant, wenn man weiterhin berücksichtigt, daß eine Nutschrägung nicht bei allen Asynchronmaschinen angewendet wird, und somit der Einfluß der Schrägung auf die Streureaktanz nicht untersucht werden soll. Außerdem ist für drehzahlgestellte Asynchronmaschinen die Nutschrägung infolge der auftretenden Querströme zwischen den Stäben die Ursache zusätzlicher Verluste, die in der Größenordnung von 1 % der Maschinennennleistung liegen können [2].

$$\lambda_i = \frac{\lambda_{n1}}{q_1} + \frac{\lambda_{n2}}{q_2}\left(\frac{\xi_1}{\xi_2}\right)^2 + \lambda_s \frac{l_s}{l} + \lambda_0 \xi_1^2 (\sigma_{d1} + \sigma_{d2} + \sigma_{schr}) \tag{2}$$

$$\lambda_{n2} = \frac{h_{n2}}{3\, b_{n2}} + \frac{h_{s2}}{b_{s2}} \text{ (Rechtecknut)} \tag{3}$$

$$\lambda_0 = C \frac{\Phi}{V_{ges} \cdot l}.$$

Möglichkeiten der Streureaktanzerhöhung:

1. Variation der Nutgeometrie im Läufer
2. Variation der Streusteggeometrie im Läufer
3. Variation der Spulenwindungszahl der Ständerwicklung.

2. Berechnungsergebnisse

Die Berechnung der einzelnen Varianten wurde mit Hilfe eines Nachrechnungsprogramms für Asynchronmaschinen des VEB Elektromaschinenbau Dresden, Sachsenwerk, durchgeführt. Nach Vorgabe entsprechender Geometrie- und Wicklungsdaten, verschiedener Materialkonstanten, der Nennleistung und Nennspannung werden u. a. die Reaktanzen, Ströme, Leistungsfaktor und Wirkungsgrad berechnet. Am Beispiel der Variation der Nutgeometrie im Läufer sollen anhand der Bilder 1 bis 4 einige Abhängigkeiten für Hochspannungsasynchronmotoren aufgezeigt werden. (Die Größen beziehen sich auf ausgeführte Maschinen.)
Aus Bild 1 ergibt sich nach (3), daß mit steigender Läufernutbreite die Streureaktanz sinkt. Der Unterschied in den beiden Kurvenverläufen ergibt sich aus der gleichzeitigen Veränderung von Nutstreureaktanz und entsprechend (4) aus der Oberwellenstreuung.

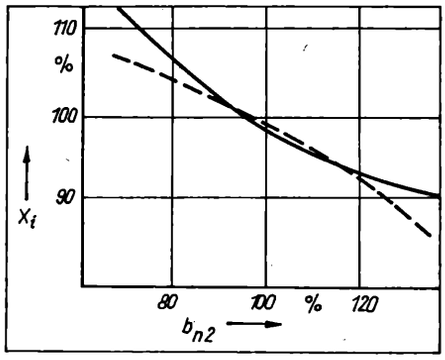


Bild 1. Streureaktanz als Funktion der Läufernutbreite
—— q_{Cu2} = konstant; --- h_{n2} = konstant

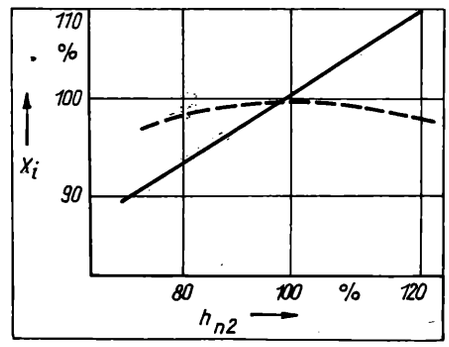


Bild 2. Streureaktanz als Funktion der Läufernuthöhe
—— q_{Cu2} = konstant; --- b_{n2} = konstant

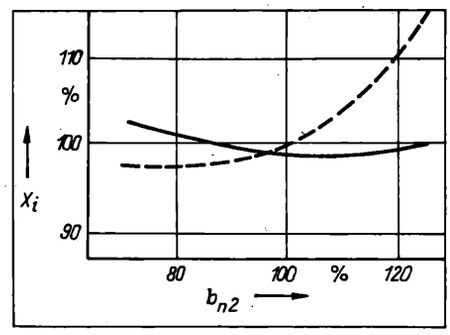


Bild 3. Magnetisierungsstrom als Funktion der Läufernutbreite
—— q_{Cu2} = konstant; --- h_{n2} = konstant

Im Bereich kleiner Nutbreiten ergibt sich bei konstantem Kupferquerschnitt durch das Ansteigen der Nuthöhe eine Vergrößerung der Nutstreureaktanz und damit eine höhere Gesamtstreureaktanz und bei größeren Nutbreiten durch das Absinken der Nuthöhe ein Anstieg der Oberwellenstreuung und damit eine erhöhte Gesamtstreureaktanz.

Über den gleichen Einfluß von Nutstreureaktanz und Oberwellenstreuung sind auch die Kurvenverläufe in Bild 2 zu erklären.

Zur Erläuterung der Abhängigkeiten der Werte von Leistungsfaktor, Schlupf, Moment u.a. ist zusätzlich der Magnetisierungsstrom zu betrachten, für den in den Bildern 3 und 4 die Abhängigkeit von Nutbreite und Nuthöhe dargestellt ist.

Bei einer zusätzlichen Änderung der Streustegabmessungen ergeben sich vielfältige Abhängigkeiten ,die, wie die Ermittlung des Einflusses der Spulenwindungszahl in [3] untersucht, in entsprechenden Diagrammen dargestellt wurden.

Da die Streureaktanz bei gleicher Nennleistung aufgrund des stark sinkenden Kippmoments nicht beliebig erhöht werden kann, lassen sich im Ergebnis der durchgeführten Berechnungen folgende Grundaussagen für die untersuchten Asynchronmaschinen/machen:

— Mit den vorhandenen Reserven in der Auslegung kann die Streureaktanz im allgemeinen nur um ungefähr 10 % erhöht werden, um den Mindestwert für das bezogene Kippmoment von $M_{K/M_n} = 1{,}6$ einzuhalten. Wird die Streureaktanz über diesen Wert erhöht, ist die Nennleistung zu reduzieren.

— Bei Erhöhung der Streureaktanz und Vorgabe einer bestimmten Leistung steigt der Ständerstrom leicht an, Leistungsfaktor und Wirkungsgrad verschlechtern sich geringfügig (Bild 5).

— Soll eine Änderung der Streureaktanz über die Läufergeometrie (Nut und Steg) erfolgen, sollte nach Festlegung optimaler Nutabmessungen eine Änderung der Streustegabmessungen vorgenommen werden, da sich so stärkere Änderungen bei vergleichsweise teilweise besseren Betriebswerten erreichen lassen (Bild 6).

— Die größten Änderungen der Streureaktanz sind durch Variation der Spulenwindungszahl zu erreichen, wobei sich gleichzeitig bessere Werte bei Ständerstrom und Leistungsfaktor im Vergleich zu Änderungen der Läufergeometrien (Nut und Steg) ergeben.

— Eine Optimierung ist nur nach genauer Kenntnis der durch die einzelnen Einflußgrößen bedingten Abhängigkeiten möglich.

Bild 4.
Magnetisierungsstrom als Funktion der Läufernuthöhe
—— q_{Cu2} = konstant;
--- b_{n2} = konstant

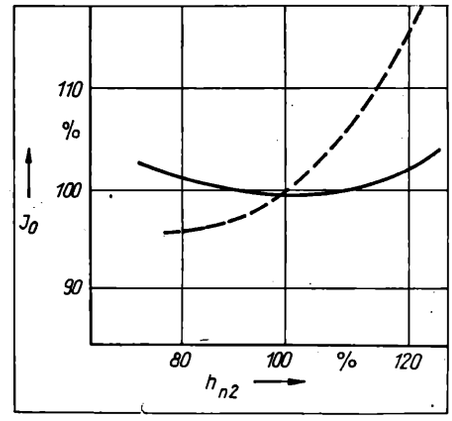


Bild 5.
Wirkungsgrad, Ständerstrom, Leistung als Funktion Streureaktanz durch Veränderung der Nutabmessungen
—— cos φ; --- J_1;
—·— η (bei q_{Cu2} = konst.)

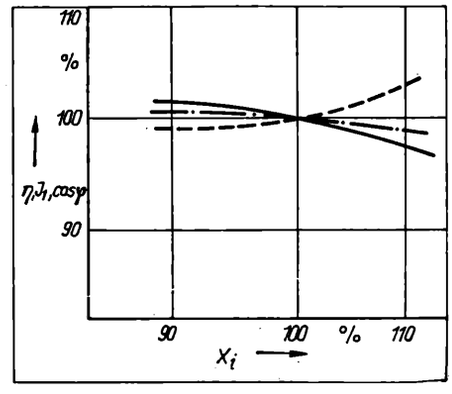
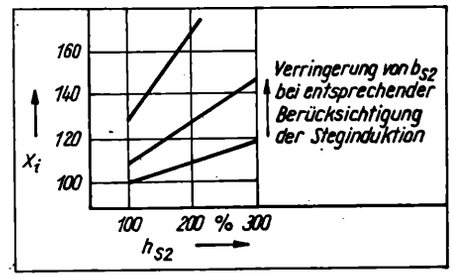


Bild 6.
Streureaktanz als Funktion der Läuferstreusteg-Geometrie



Literatur

[1] *Nürnberg, W.:* Die Asynchronmaschine. Berlin/Göttingen/Heidelberg: Springer-Verlag 1952

[2] *Kleinrath, H.:* Stromrichtergespeiste Drehfeldmaschinen. Wien/New York: Springer-Verlag 1980

[3] *Barth, T.:* Einfluß der Streureaktanz auf die Auslegung drehzahlgestellter Asynchronmotoren und ihrer thermischen Grenzkurven. Diplomarbeit an der TH Ilmenau, Sektion Elektrotechnik 1985

EA 5633

Berührungslose Temperaturmessung an rotierenden Teilen elektrischer Maschinen

H. Steinbach, KDT, Karl-Marx-Stadt

Verwendete Formelzeichen

M	gesamte spezifische Ausstrahlung
T	absolute Temperatur
σ	Stefan-Boltzmannsche-Konstante
ε	Emissionsgrad
ε_{ges}	Gesamtemissionsgrad
$T_{Oberfl.}$	Oberflächentemperatur
$T_{Bohrg.}$	Temperatur am Bohrungsgrund
τ	partielle Erwärmungszeitkonstante
C_E	Wärmekapazität des Ankereisens
λ_E	Wärmeleitwert Ankereisen — Umgebung
λ_W	Wärmeleitwert Wicklung — Umgebung
λ_N	Wärmeleitwert Wicklung — Eisen

Die Temperaturmessung an rotierenden Teilen elektrischer Maschinen erfolgt meist im Stillstand. Eine Messung mit Thermoelementen oder Thermistoren während des Betriebes ist mit erheblichem gerätetechnischem Aufwand verbunden. Im Laufe des konstruktiven Entwicklungsprozesses ist es jedoch von Interesse, bestimmte Temperaturen der rotierenden Teile direkt zu erfassen. Dabei handelt es sich um die Kommutatortemperatur, die Temperatur des Wickelkopfes und der Lager.
Eine Möglichkeit der Bewältigung dieser Meßprobleme ist die Anwendung der berührungslosen Temperaturmeßtechnik in Form von Niedertemperaturpyrometern. Aus diesen Gründen wurden im VEB Ingenieurbüro Elektrogeräte Karl-Marx-Stadt, Betrieb des Kombinates VEB Elektrogerätewerk Suhl, thermische Untersuchungen an rotierenden Teilen von Motorgebläseeinheiten für Bodenstaubsauger durchgeführt. Diese Untersuchungen dienten der Festlegung der thermischen Eigenschaften von Motorbauelementen. Gleichzeitig konnte damit auch die Möglichkeit der hohen thermischen Ausnutzung der Motoren im Sinne des ökonomischen Materialeinsatzes nachgewiesen werden.

1. Grundbeziehung der berührungslosen Temperaturmessung

Die Grundgleichung für die Temperaturmessung über die Erfassung der Infrarotstrahlung ist das Stefan-Boltzmannsche-Gesetz

$$M = \sigma T^4. \tag{1}$$

Dieses Gesetz gilt für die spezifische Ausstrahlung eines schwarzen Körpers und gibt den Zusammenhang zwischen Temperatur des Körpers und der Infrarotstrahlung wieder.
In der Regel geht die zu messende Temperatur realer Objekte nicht von einem schwarzen Strahler aus. Aus diesem Grunde muß bei der berührungslosen Temperaturmessung der Emissionsgrad ε eingeführt werden, der das Verhältnis der von einem beliebigen Strahler emittierten Strahlung zu der des schwarzen Strahlers gleicher Temperatur ausdrückt. Der Emissionsgrad bezieht sich ausschließlich auf die Eigenstrahlung des Körpers. Er ist ein dimensionsloser Faktor und stets gleich oder kleiner 1.
Im allgemeinen wird mit einem Gesamtemissionsgrad gearbeitet, der durch Integration über den gesamten Wellenlängenbereich ermittelt werden kann [1]. Der Gesamtemissionsgrad ist abhängig vom Material und der Struktur der strahlenden Oberfläche.

2. Probleme bei der Ermittlung des Emissionsgrades

Die Kenntnis des Emissionsgrades einer Oberfläche ist entscheidend für die genaue Bestimmung der Oberflächentemperatur. In der Literatur liefern die Emissionsgradtabellen oft nur Näherungswerte. Außerdem sind die genauen Umstände der Ermittlung des Emissionsgrades oft nicht bekannt.
Wenn eine genaue Temperaturbestimmung durchgeführt werden soll, ist es deshalb erforderlich, am realen Objekt den Emissionsgrad im interessierenden Temperaturbereich und an den interessierenden Oberflächen zu bestimmen. Grundsätzlich gibt es drei verschiedene Arten der Emissionsbestimmung:

1. Gleichzeitig mit dem berührungslosen Meßvorgang wird eine berührende Messung vorgenommen und der eingestellte Emissionsgrad am Pyrometer so lange geändert, bis beide Temperaturen übereinstimmen.
2. Das Anbringen einer Bohrung — mit dem Verhältnis Durchmesser zu Tiefe $\leqq 1/3$ — an der zu messenden Stelle ermöglicht eine Messung mit $\varepsilon = 1$, da die Bohrung wie ein schwarzer Strahler wirkt. Dabei muß in der ersten Phase der Messung der Grund der Bohrung anvisiert werden.
   Der Gesamtemissionsgrad der Oberfläche ergibt sich nach [2] zu
$$\varepsilon_{ges.} = \left(\frac{T_{Oberfl.}}{T_{Bohrg.}}\right)^4 \tag{2}$$
   Dieses Verfahren kann bei elektrischen Maschinen nur für Gehäuse angewendet werden.
3. Mit einem pigmentierten Lack ist es möglich, einen Bereich oder die gesamte Oberfläche zu schwärzen. Wenn der Temperaturabfall in der Lackschicht in Kauf genommen wird, kann direkt mit dem Emissionsgrad 1 gemessen werden. Im anderen Fall führt eine vergleichende Messung zwischen geschwärzter und realer Oberfläche entsprechend Punkt 1 zur Ermittlung von ε.

Zur Bestimmung des Emissionsgrades an den untersuchten elektrischen Maschinen wurden die Verfahren nach den Punkten 1 und 3 angewendet.

3. Versuchsergebnisse

3.1. Ergebnisse der Bestimmung der Kommutatortemperatur

Die Untersuchungen wurden an hoch ausgenutzten Universalmotoren in Motorgebläseeinheiten für Bodenstaubsauger durchgeführt. Bild 1 zeigt den Versuchsaufbau. Als Meßgerät wurde das Handpyrometer HPN des VEB Meßgerätewerk „Erich Weinert" verwendet. Der minimale Meßfleckdurchmesser dieses Gerätes beträgt 15 mm. Bild 2 zeigt den Kommutator mit dem eingezeichneten Meßfleck.
Als Bürste wurde die Marke G 21 verwendet. Es wurden sowohl Untersuchungen im Vergleich zu berührenden Meßverfahren durchgeführt als auch ein Teil der Kommutatoren mit Lack geschwärzt. Mit Hilfe von vergleichenden Messungen konnte ermittelt werden, daß ein Emissionsgrad von

$$\varepsilon = 0{,}62$$

die beste Übereinstimmung mit dem berührenden Meßverfahren ergibt. Dieser Emissionsgrad liegt im Bereich der Werte, die in der Literatur [3] für oxydierte Kupferoberflächen angegeben werden. Die Messungen zeigten, daß bei der gewählten Konstruktion der Motorgebläseeinheit die Kommutatortemperatur selbst bei extre-

Bild 1. Pyrometrische Temperaturmessung am Kommutator einer Motorgebläse einheit B 22

Dr.-Ing. *Heinz Steinbach* ist Mitarbeiter Forschung/Entwicklung im VEB Ingenieurbüro Elektrogeräte Karl-Marx-Stadt.

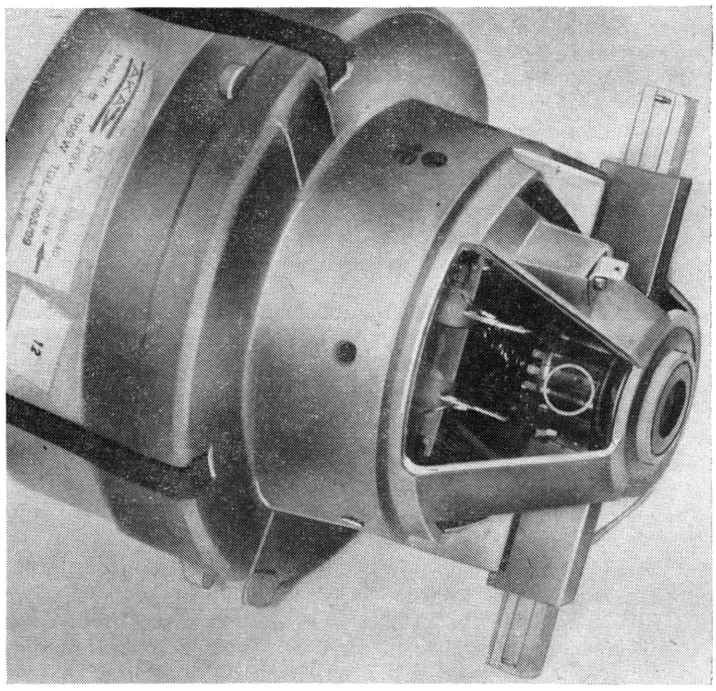


Bild 2. Meßfleckdurchmesser auf dem Kommutator

men Bürstenfeuer 140 °C nicht übersteigt. Bei normalem Betrieb liegen die Kommutatortemperaturen zwischen 105 ... 115 °C.

3.2. Bestimmung der Temperatur des Wickelkopfes

Die Konstruktion der Motorgebläseeinheit läßt die pyrometrische Messung der Temperatur des kommutatorseitigen Wickelkopfes zu. Der Emissionsgrad der Wicklung des Wickelkopfes wird von drei Faktoren bestimmt:

— Art des Drahtlackes
— Art des Träufelharzes an der Oberfläche
— Aufbau des Wickelkopfes.

An einem Anker im ungeträufelten Zustand wurden Versuche zur Bestimmung des Emissionsgrades mit folgendem Ergebnis durchgeführt:

— Der Emissionsgrad ist im Temperaturbereich von 20 °C bis 135 °C temperaturunabhängig und beträgt 0,87 (Draht Lv 0,48 Cu, TGL 8402, Polyesterimid W 155).
— Ein Einfluß des Wickelkopfaufbaus durch entstehende Vertiefungen konnte nicht festgestellt werden.

3.3. Prüfung des Wärmeübergangswiderstandes zwischen Ankerwicklung und Zahn

Die Prüfung von Ankern hinsichtlich ihres thermischen Verhaltens erfordert immer die Kenntnis des Wärmeübergangswiderstandes zwischen Wicklung und Ankerzahn. Dieser Wärmeübergangswiderstand wird im wesentlichen von den verwendeten Materialien und vom Träufelprozeß bestimmt. Der Wärmewiderstand Wicklung — Zahn bestimmt die thermische Zeitkonstante und die partiellen Übertemperaturen der Temperaturerhöhung an der Zahnoberfläche. Nach [4] gilt für die Erwärmung des Ankereisens

$$\tau = \frac{C_E}{\lambda_E + \frac{\lambda_W \lambda_N}{\lambda_W + \lambda_N}}. \qquad (3)$$

Mit einem Pyrometer HPN wurde die Zahntemperatur bestimmt. In die Wicklung des Ankers wurde ein Strom in der Größe des doppelten Nennstromes für die Zeitdauer von 10 s eingespeist. Die untersuchten Anker zeigten ein unterschiedliches Verhalten in Abhängigkeit von der Größe der Lufteinschlüsse in der Nut. Im Bild 3 sind typische Kurvenverläufe der an der Zahnoberfläche gemessenen Temperatur dargestellt.

4. Schlußfolgerungen

Die dargelegten Versuchsergebnisse zeigen, daß die berührungslose Temperaturmessung zur Untersuchung elektrischer Kleinmotoren geeignet ist.

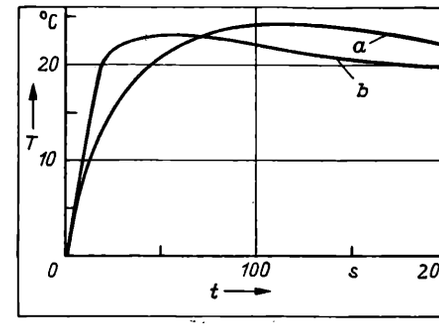


Bild 3.
Verlauf der Temperatur an der Zahnoberfläche
a hoher Übergangswiderstand; *b* niedriger Übergangswiderstand

Das Meßverfahren hat folgende Vorteile:

— Die Messung der Temperaturen rotierender und fester Teile des Motors unter Betriebsbedingungen ist mit relativ geringem gerätetechnischem Aufwand möglich.
— Die Messung erfolgt nahezu trägheitsfrei ohne Beeinflussung des Meßobjektes.
— Der absolute Grundfehler des Meßgerätes beträgt 1 % und liegt damit unter dem Fehlerbereich konventioneller Meßverfahren an elektrischen Maschinen.
— Die berührungslose Temperaturmessung vermeidet die Unsicherheiten des Wärmeüberganges von berührenden Meßverfahren.

Diesen Vorteilen stehen jedoch Nachteile gegenüber, die nicht unberücksichtigt bleiben dürfen:

— Die Temperaturmessung ist nur an sichtbaren Maschinenteilen möglich.
— Es kann nur die Oberflächentemperatur der Maschinenteile ermittelt werden.

Trotz der Nachteile bietet die berührungslose Temperaturmeßtechnik viele Möglichkeiten zur Untersuchung des thermischen Verhaltens elektrischer Maschinen. Sie ist insbesondere dort von Vorteil, wo durch hohe Drehzahlen andere Meßverfahren nicht anwendbar sind.

Literatur

[1] *Walter, L.; Gerber, D.:* Infrarotmeßtechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1981
[2] Anwendungsbeschreibung Pyrowar-System. VEB Meßgerätewerk „Erich Weinert" Magdeburg
[3] *Schmidt, H.; Furthmann, E.:* Über die Gesamtstrahlung fester Körper. Mitteilungen aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung. Düsseldorf 1928
[4] *Schuisky, W.:* Berechnung elektrischer Maschinen. Wien: Springer-Verlag 1960

EA 5686

Im IV. Quartal 1986 erscheint

Kleines Lexikon der Speichertechnik

REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK, Band 224

Von H. Völz. Berlin: VEB Verlag Technik 1986. 68 Seiten, 48 Bilder, Broschur. 4,80 Mark.
Bestell-Nr. 5537530

In der Informationstechnik hat neben dem Rechnen/Verarbeiten und Übertragen von Daten das Speichern eine besondere Bedeutung. Ohne eine leistungsfähige Speichertechnik ist eine moderne Rechenanlage nicht denkbar.

Auf dem Gebiet der Speicherung von Informationen sind in den letzten Jahren entscheidende Fortschritte gemacht worden. In diesem Kleinen Lexikon hat der Autor den Versuch unternommen, dieses zu den Schlüsseltechnologien zu zählende Gebiet, möglichst vollständig zu erfassen. Der Band enthält eine umfassende Zusammenstellung aller Möglichkeiten der Speicher, ihrer Anwendung in der Rechentechnik, Schall- und Bildaufzeichnung sowie der Datenerfassung. Dabei werden alle Arten von Speichern behandelt. Der Schwerpunkt liegt bei den magnetomotorischen Speichern, wie Band-, Kassetten-, Disketten-, Platten- und optischen Speichern. Von allen Arten werden die physikalischen Prinzipien und die technischen Anwendungen erfaßt.

Die Redaktion

FACHTAGUNGEN

20. Informations- und Fachtagung für Errichter und Betreiber von elektrotechnischen Anlagen

Die als Jubiläumsveranstaltung vorbereitete Tagung im Theatersaal des Kulturhauses „7. Oktober" in Suhl am 18. März 1986 bot etwa 600 interessierten Fachkollegen, vornehmlich aus dem Bezirk Suhl, Gelegenheit zum Erfahrungsaustausch. Der Veranstalter, BVo der KDT Suhl, verstand es wiederum, die Betriebssektionen der KDT im Energiekombinat Suhl und im Staatlichen Amt für Technische Überwachung — Dienststelle Zella-Mehlis, sowie den Arbeitsausschuß Starkstromanlagen Suhl zu einer interessanten Vortragsreihe zu gewinnen und den Besuchern einen Tagungsband[1]) zu überreichen.

Die Vielfalt des Fachgebietes E-Technik und die damit verbundenen arbeitsteiligen Probleme verlangen — so führte Kollege *Feix*, Vorsitzender des AA Starkstromanlagen, aus — vom verantwortlichen Fachmann der 90er Jahre

- wissenschaftliche Erweiterung des Technologiebegriffes
- Rationalisierungseffekte, vor allem durch die Rechentechnik
- Einbeziehung der CAD/CAM-Strategie in den Verantwortungsbereich der Instandhaltung
- Festigung der Leistungskette Hersteller/Projektant/Errichter/Betreiber — mit Rückkopplungen zur Beseitigung von Schwachstellen
- Kleinrationalisierung im vorwiegend handwerklich bleibenden Errichter- und Instandhalterbereich mit zentraler Unterstützung
- Stärkere Einbeziehung des Praktikers in Modellvorstellungen der Wissenschaftler bei der Geräte- und Netzgestaltung
- Rechnergestützte Betriebsführung und Entscheidungshilfen
- Effektivitätssteigerung in der Bildungsarbeit.

Dr. Kirsten, TH Ilmenau, umriß die Situation des Elektroenergieverbrauches für Beleuchtungsanlagen und erläuterte Grenzen der Lichtausbeute.

Moderne Methoden der Planung und Abrechnung von Instandhaltungsmaßnahmen stellte Kollege *Schulz* am Beispiel des PCK Schwedt vor. Hier ist das Vorhandensein von Prüftechnologien, der Einsatz der Rechentechnik sowie die Anwendung von Prozeßleittechnik bereits Alltag des Betriebspersonals. Klare Abgrenzung der Verantwortlichkeit und Fixieren von Termini sind Voraussetzungen für die Organisation.

Kollege *Bödeker*, EAB Berlin, referierte zu Fragen der Verantwortung des Betreibers für die Prüfung seiner elektrotechnischen Anlagen. In sehr anschaulicher Weise legte er dar, daß die Verantwortung weder durch Weisungen, noch durch einen großen Meß- und Prüfmittelpark ersetzt werden kann. Nach wie vor gilt der Grundsatz, daß Sichtprüfungen die einfachste und meist auch wirksamste Methode sind, Fehler zu erkennen.

Die Außerkraftsetzung der ABAO 900/1 und die nun gültigen Rechtsvorschriften erläuterte Kollege *Kröhne*, Staatliches Amt für Technische Überwachung Zella-Mehlis.

Anschauliche Beispiele für Arbeitsschutz-Belehrungen gab Kollege *Pfefferkorn*, Staatliches Amt für Technische Überwachung, und verwies auf die Gefahr von Folgeschäden, gerade nach der Ablösung von ABAO 900/1.

Die Tagung war begleitet von einem intensiven und vielseitigen Erfahrungsaustausch, der vor allem von den Arbeitsausschüssen Starkstromanlagen Suhl und Frankfurt/O, dem Arbeitsausschuß Errichten und Betreiben Erfurt sowie dem Arbeitskreis Quedlinburg getragen wurde.

W. Feix, Hildburghausen EA 2218

[1]) Der Tagungsband Nr. 80 ist in begrenztem Umfang noch erhältlich.

Die Redaktion

Elektrische Antriebe auf der Hannovermesse 1986

Obwohl während der vom 8. bis 16. April 1986 stattfindenden Hannovermesse keine spezielle Fachmesse „Antriebe, Steuern und Bewegen" stattfand und zudem aus verschiedenen Gründen eine Neuordnung der Firmenstände eintrat, konnte doch ein für den Fortschritt der elektrischen Antriebstechnik im letzten Jahr repräsentatives Bild gewonnen werden, das die bereits zur Leipziger Frühjahrsmesse sichtbaren Entwicklungstendenzen bestätigt.

Der internationale Vergleich mit den DDR-Erzeugnissen war auch in Hannover durch den Stand des Außenhandelsbetriebs Elektrotechnik der DDR mit Erzeugnissen der volkseigenen Kombinate Elektromaschinenbau, Kabelwerk Oberspree, Elektro-Apparate-Werke Treptow und der Keramischen Werke Hermsdorf sowie durch die Generalvertretung für die Erzeugnisse dieser Kombinate in der BRD, die Firma Wittenbecher & Co., gewährleistet. VEM-Erzeugnisse waren außerdem zahlreich in Finalprodukten anderer Außenhandelsunternehmen der DDR zu sehen.

Die Exponate der Firma Wittenbecher waren weitgehend auf die VEM-Erzeugnisse des Elektromaschinenbaus ausgerichtet, für die die BRD einen großen, gefestigten Markt darstellt und die sich durch hohe Qualität, breites Sortiment und schnelle Verfügbarkeit angesichts der starken Inlandskonkurrenz einen geachteten Platz erobert haben. Von langjährig zufriedenen Kunden werden gern Referenzen über die Zuverlässigkeit der VEM-Erzeugnisse in ihren Finalprodukten erbracht.

Im Mittelpunkt der Ausstellung der Firma Wittenbecher & Co. stand die „Nutzung von Expertenwissen durch Software-Angebote" für die rechnergestützte Projektierung von Antrieben und die automatisierte Motorenauswahl der VEM-Erzeugnisreihe KMER von Niederspannungs-Asynchronmotoren (Bild 1). Im Dialog mit dem Rechner können für beliebige, nichtstandardisierte Belastungsfälle und Antriebsprobleme mit Hilfe eines neuentwickelten mathematischen Wärmemodells im Ergebnis genauer Erwärmungsberechnungen die genau passenden Asynchronmotoren ausgewählt werden (Bild 2).

Aus der Vielzahl der vorgestellten VEM-Erzeugnisse des Elektromaschinenbaus seien solche wichtigen Ergänzungen für das Angebot von Antriebskomponenten, wie Anbaubremsen (Bild 3), Transistorumrichter für die Frequenz- und Drehzahlstellung von Asynchronmotoren und Roboterantriebe mit dem roboterspezifischen VEM-Motoren RSM genannt.

Die bemerkenswertesten Fortschritte der Entwicklung elektrischer Antriebe konzentrieren sich auf die weitere Durchsetzung der drehzahlvariablen Drehstromantriebe.

Einerseits wird das technische Niveau der Frequenzumrichter durch die Weiterentwicklung von Bauelementen beeinflußt, andererseits erweitert eine verbesserte Regelungstechnik den Anwendungsbereich der bewährten, robusten Asynchronmotoren. Der Einsatz von MOS-FET-Leistungstransistoren im kleinen Leistungsbereich von Frequenzumrichtern ermöglicht einen hohen Miniaturisierungsgrad durch Reduktion des Aufwands bei der Ansteuerelektronik und führt zu „lautlosem" Betrieb durch Wahl hoher Pulsfrequenzen bei Typ FU 200 der Firma Lust (BRD), der bei einer empfohlenen Motorleistung von 0,75 kW nur Abmessungen von $B \times H \times T = 133 \times 256 \times 77$ mm aufweist (Bild 4) und zudem die untere Preisgrenze bei solchen Geräten bestimmt. Weitere Merkmale des Angebots der Firma Lust sind Frequenzumrichter für Motordrehzahlen bis 30000 U/min und einige Diagnose- und Inbetriebnahmegeräte, die den Service wesentlich erleichtern.

Vom Bauelementefortschritt ist auch das weitere Hinausschieben der Leistungsgrenze von Transistorumrichtern bestimmt: Mit bipolaren Leistungstransistoren werden von der finnischen Firma Strömberg Transistorumrichter bis zu einer Leistung von 150 kVA bestückt. Eine weitere Erhöhung dieser Leistungsgrenze bis etwa 150 kW wird von mehreren Herstellern für möglich gehalten.

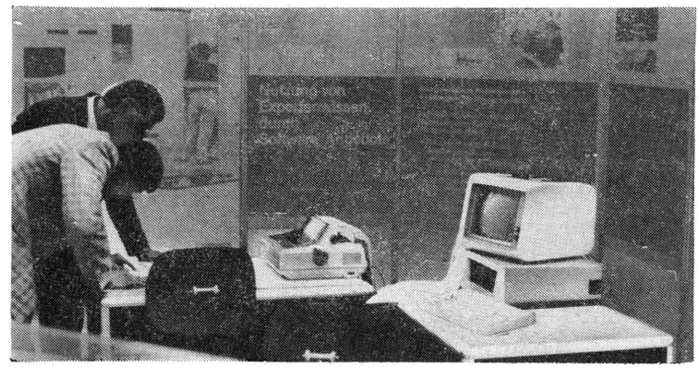


Bild 1
Personalcomputer auf dem Stand der Firma Wittenbecher & Co. zur antriebsgerechten Auswahl von Niederspannungs-Asynchronmotoren der VEM-Erzeugnisreihe KMER [1]

WITTENBECHER

Antriebsgerechte Auswahl von VEM-Drehstrom-Standardmotoren
mit Kaefiglaeufern - Reihe K M E R

Gewuenschte Leistung [kW] : 45.00
Erforderliche Drehzahl [1/min] : 1000

Damit ergibt sich ein Drehmomentrichtwert von 429.53 Nm .

Angaben zum Moment-Zeit-Verlauf:

Intervall	Moment [Nm]	Dauer [min]	Kommentar
1	500.00	0.20	
2	300.00	3.00	
3	50.00	2.00	
4	500.00	0.20	
5	300.00	3.00	
6	50.00	2.00	

Lasttraegheitsmoment [kgcm^2] : 170000.00

Aus unserem Lieferprogramm empfehlen wir den Typ

KMER 250 M 6

als optimale Loesung fuer den vorgegebenen Momentenverlauf.

Kenndaten des ausgewaehlten Motors:

Nennleistung	[kW] :	37.0
Nenndrehzahl	[1/min] :	975.
Nennmoment	[Nm] :	362.4
Effektivmoment	[Nm] :	250.00
Nennspannung	[V] :	380. Y
Nennfrequenz	[Hz] :	50.
Nennstrom	[A] :	69.50
Anzugsstrom	[A] :	417.00
Leistungsfaktor	[-] :	0.89
Eigentraegheitsmoment	[kgcm^2] :	8250.00
Max. Anlaufzeit	[s] :	11.3868
Max. Wicklungserwaermung	[K] :	37.1

Bild 2. Ausschnitt aus dem Rechnerausdruck der Firma Wittenbecher & Co. zur antriebsgerechten Motorenauswahl

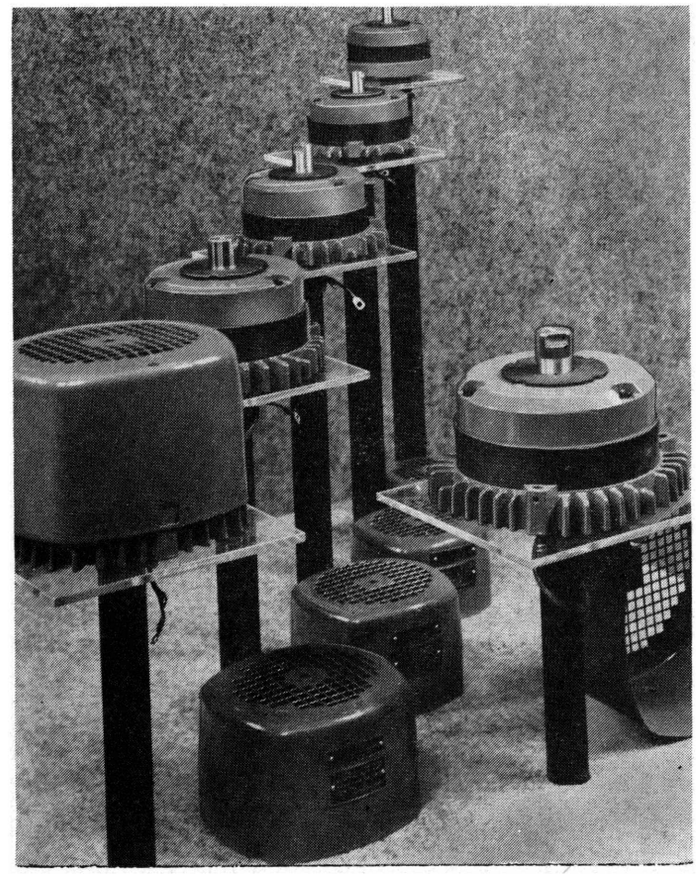


Bild 3. Reihe von VEM-Anbaubremsen zur Montage an die Standardmotoren der Reihe KMER

Bemerkenswert ist die insgesamt erweiterte Nutzung der „feldorientierten Regelung" von Asynchronmotoren. Es hat sich sowohl die Zahl der Anbieter von drehzahlvariablen Drehstromantrieben auf der Basis von Asynchronmotoren für die Arbeitsspindeln von Werkzeugmaschinen erhöht als auch die Vielfalt der Anwendungsgebiete erweitert. Äußerlich sichtbar ist diese Tendenz durch die Vorstellung zahlreicher spezieller Asynchronmotoren, sämtlich mit Fremdlüftung. So stellte die Firma Blocher (BRD) eine

Bild 4. Frequenzumrichter FU 200 der Firma Lust mit „leiser Sinusmodulation". Motorleistung etwa 0,75 kW

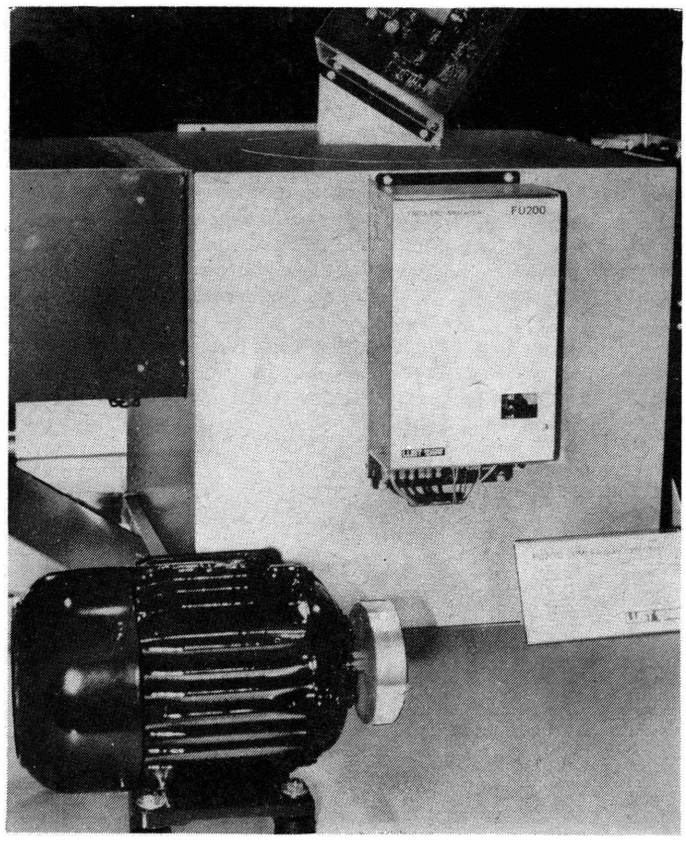
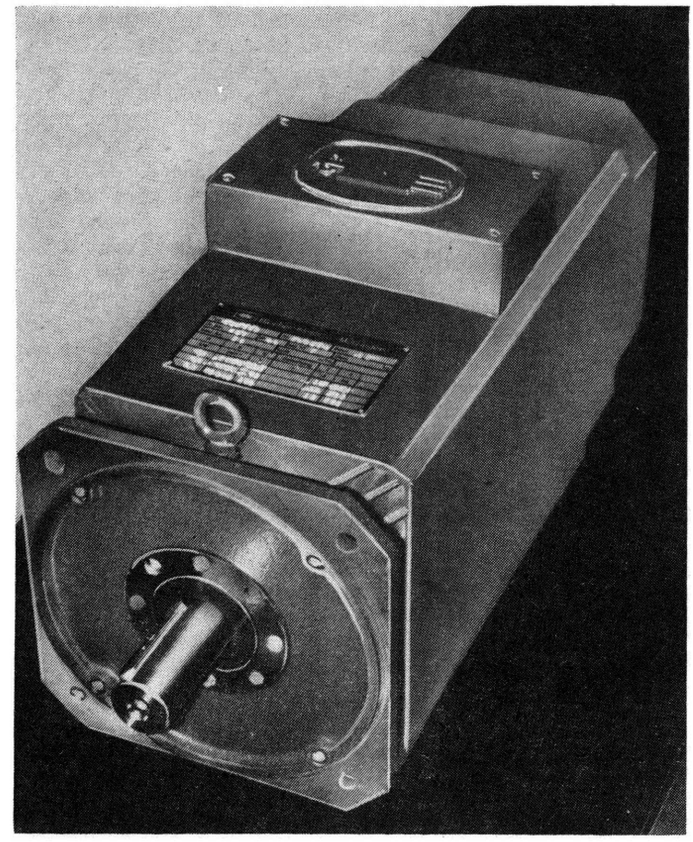


Bild 5. Hauptantriebsmotoren für Werkzeugmaschinen der Firma Blocher



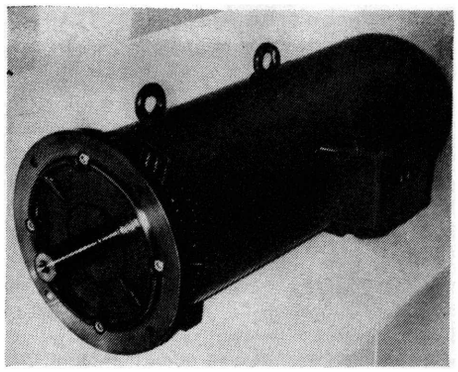


Bild 6. Hauptantriebsmotoren der Firma ATB (Bauknecht)

Drehstromhauptantriebe, die in runder Ausführung ebenfalls ein Gußgehäuse zur Realisierung von Kühlrippen und einen Gehäusemantel zur axialen Führung der Kühlluft aufweisen (Bild 6). Ein weiteres interessantes Erzeugnis dieser Firma ist ein Spezialmotor mit integriertem Fremdlüfter (Antrieb: Außenläufermotor) und großer Variabilität hinsichtlich Gebereinbau. Solche Motoren dienen der Realisierung drehzahlvariabler Drehstrom-Servo-Antriebe für allgemeine Zwecke (Bild 7). Im Trend zur kontaktlosen Antriebstechnik liegt auch die Anwendung kontaktloser Tachogeneratoren. Die Firma Hübner (Westberlin) hat erstmalig mit dem Typ HWT 902 Werkzeugmaschinenbau weniger anspruchsvolle Anwendungsgebiete, wie die Papier-, die Textil- und Drahtverarbeitungsindustrie zu erschließen.

Auf dem Gebiet der Werkzeugmaschinen-Vorschubantriebe dominiert neben dem Gleichstromantrieb der sogenannte Elektronikmotor, d.h. der Synchronmotor mit Seltenerdenmagneten. Neben der Tatsache der Kontaktfreiheit des Elektronikmotors ist sein wesentlich kleineres Masse-Leistungs-Verhältnis gegenüber dem Gleichstrommotor ($\approx 50\,\%$) auffällig. Als eine Alternative erscheint der Vorschubantrieb auf Basis von Asynchronmotoren mit allerdings weniger guten Ausnutzungswerten.

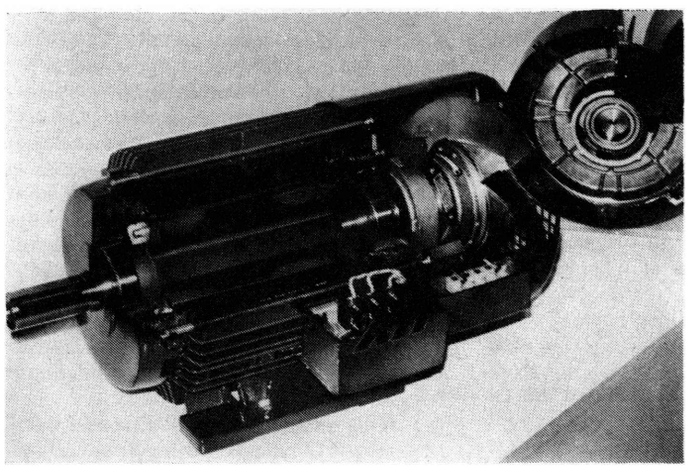


Bild 7. Fremdlüftereinbau bei der Firma ATB (Bauknecht) sowie Sortiment verschiedener Drehzahl- und Lagegeber

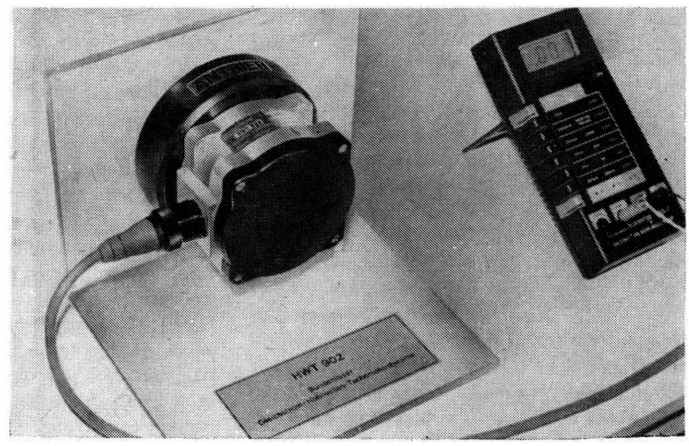


Bild 8. Bürstenloster Tachogenerator der Firma Hübner

neue Reihe von Asynchron-Antriebsmotoren für Werkzeugmaschinen-Hauptantriebe in vier Leistungsstufen von 12,5 kW bis 30 kW in Schutzgrad IP 44 mit Drehzahlen bis 6000 U/min vor. Die Kühlluft wird durch die Kanäle eines Aluminiumgehäuses geführt (Bild 5). Die hohen Forderungen an den Antrieb hinsichtlich Gleichförmigkeit des Laufs werden durch schnelle Rechner und hohe Abtastfrequenzen erfüllt. Der Wegfall von Getrieben beim Anwender ist ein wesentliches Motiv zum Ersatz der Gleichstromantriebstechnik durch die Drehstromtechnik.

Auch die Firma Bauknecht (BRD) zeigte Neuentwicklungen von Sondermotoren für einen solchen bürstenlosen Gleichstrom-Hohlwellen-Tachometerdynamo vorgestellt. Bemerkenswert ist die Verwendung von Seltenerdenmagneten mit hoher Temperaturunabhängigkeit (Bild 8).

In der Reihe der drehzahlvariablen Drehstromantriebe mit Asynchronmotoren muß das Steuersystem VECTRIVE der Firma Reliance (BRD) erwähnt werden. Für Leistungen bis 22 kW wird die feldorientierte (Vektor-) Regelung angeboten, um mit Asynchronmotoren, möglicherweise ebenfalls fremdbelüftete Spezialmotoren, die Eigenschaften von Gleichstrommotoren zu erzielen. Es wird mit diesem Angebot die Absicht bekundet, auch gegenüber dem Einer der führenden Vertreter dieser Richtung ist seit einem Jahr die Firma BBC (BRD), die nunmehr mit dem Slogan „Drehstrom-Hauptspindel- und Vorschubantriebe aus einem Guß" ein geschlossenes Sortiment von Drehstromantrieben AXODYN vorstellt. Kennzeichen des Systems sind eine Versorgungseinheit für mehrere Wechselrichter, Wechselrichter mit 16-bit-Mikroprozessor und Bereiche von 4 bis 50 Nm für Vorschubantriebe und 5 bis 50 kW für Hauptantriebe.

Im Bild 9 sind die neuen Vorschubantriebsmotoren nach den Asynchronprinzip zu sehen.

Bild 9. Vorschubantrieb mit Asynchronmotoren der Firma BBC

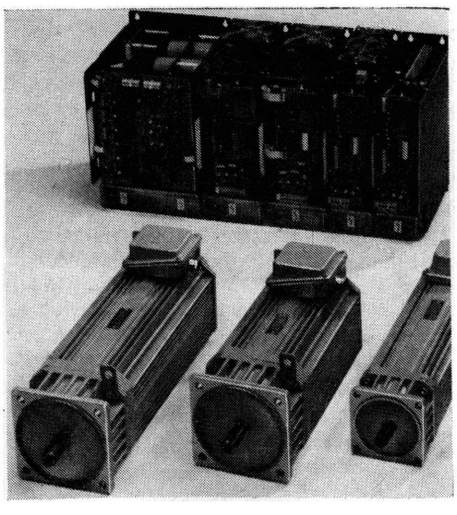
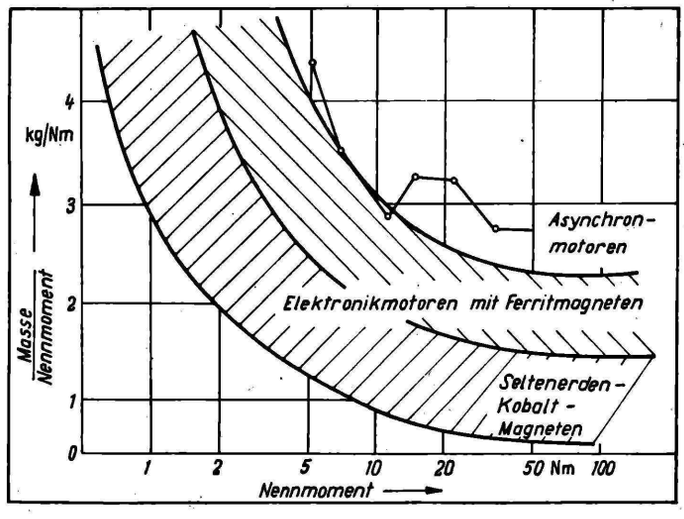


Bild 10. Relativer Masseeinsatz bei Drehstrom-Vorschubmotoren unterschiedlicher Wirkprinzipien



Allerdings werden die unbestrittenen Vorteile des Asynchronmotorprinzips hinsichtlich Robustheit, niedrigen Herstellungskosten und Einheitlichkeit zu den Hauptantrieben durch den Nachteil der geringeren Ausnutzung erkauft. Die auf das entwickelte Moment bezogene Motormasse liegt weit über den Werten, die bei Elektronikmotoren mit Seltenerden-Kobalt-Magneten erzielt werden. Sie liegen selbst höher als bei Elektronikmotoren mit Ferritmagneten, die von einigen Firmen auch noch angeboten werden. In Bild 10 ist eine diesbezügliche Gegenüberstellung auf der Basis der Einbeziehung einer repräsentativen Zahl von Elektronikmotorherstellern vorgenommen worden. Die Vorschubantriebe auf Basis des Asynchronmotorprinzips werden durch die Werte eines prominenten Herstellers vertreten.

Auf dem Gebiet der Schutz- und Diagnosetechnik waren bedeutende Fortschritte nicht zu verzeichnen. Besonderes Augenmerk wird der Zustandsdiagnose der Stellelektronik geschenkt. Sowohl die Firma Lust (BRD) als auch die Firma Siemens bieten in die Stellelektronik integrierte Diagnosetechnik an, die gleichzeitig der Erleichterung der Inbetriebnahme bzw. der Verlagerung dieser Arbeiten zum Abnehmer dient. Eine neue Erzeugnislinie der Überwachung von Antrieben hat sich bei der Firma ASEA profiliert. Im Angebot sind sogenannte Belastungswächter, u. a. für Ventilator- und Pumpenausrüstungen der Firma ASEA, die den Motor bei Betriebsstörungen abschalten, dabei aber die Spezifik des Antriebs berücksichtigen. Das für die kontinuierliche Überwachung unterschiedlicher Antriebe entwickelte System „ASEA-Wächter" enthält zur Zeit 10 verschiedene Gerätetypen.

Die kontinuierliche Überwachung von Wälzlagern bei elektrischen Maschinen setzt sich in immer größerem Umfang durch. So wird durch die Firma Felten und Guilleaume für Asynchronmotoren ab Baugröße 160 grundsätzlich ein Adapter für die SPM-Wälzlagerdiagnosetechnik angeboten. Auch bei ausgestellten Windkraftgeneratoren war die Technik zur kontinuierlichen Überwachung der Wälzlager zu sehen (Stroemberg/Finnland).

Literatur

[1] *Berger, D.; Halle, H.; Reiche, H.; Vogel, J.:* Antriebsgerechte Motorenauswahl mittels Kleinrechner ELEKTRIE, Berlin 40 (1986) 2, S. 48—50

H. Reiche, Dresden EA 2285

Elektronikmotoren für die Geräteindustrie

279. Elektrotechnisches Kolloquium der Sektion Elektrotechnik der TU Dresden am 16. 4. 1986

Referent: Dr. sc. techn. *Chr. Richter*, Kombinat Elektromaschinenbau Dresden
Leitung: Prof. Dr. sc. techn. *K. Vogt*

Der Kommutierungsapparat des Gleichstrommotors begrenzt dessen Drehzahl und Lebensdauer und damit seine Anwendung für Einsatzfälle mit hohen Drehzahlen und langer Lebensdauer. Außerdem sind die durch den Kommutierungsprozeß bedingten Funkstörungen in vielen Anwendungsfällen nicht ausreichend zu unterdrücken. Als Antriebe für Plattenspeicher, in Video- und Phonorekordern und in der Dentaltechnik sowie für Stellantriebe und als Lüfterbausteine werden jedoch von den Motoren hohe Drehzahlen, lange Lebensdauer und Funkstörfreiheit gefordert. Dabei resultieren die hohen Drehzahlen zumeist aus der Notwendigkeit einer Miniaturisierung bei noch ausreichenden Antriebsleistungen, wenn sie nicht vom Einsatzfall her gefordert werden.

Beim Elektronikmotor, der normalerweise permanenterregt ist, übernimmt eine elektronische Schaltung die Funktion des Kommutierungsapparates. Damit fallen die angedeuteten Grenzen weg, da die Elektronik einen rascheren Ablauf des Kommutierungsprozesses gestattet, kein mechanischer Verschleiß auftritt und infolge des Fehlens „mechanischer Schalter" keine Abschaltfunken verursacht werden. Zur Ansteuerung der elektronischen Schaltung gehört ein Lagegeber, der die Lage des Läufers unter Nutzung des Halleffektes, der Resonanz, der Spannungsinduktion oder optischer Effekte erfaßt und auf diesem Wege die notwendige räumliche Zuordnung zwischen Magnetfeld und Ankerwicklung sichert. Ein vertretbarer Aufwand an elektronischen Bauelementen bedingt die Anwendung von nur wenigen Ankerspulen, was zu Rundlaufproblemen führt. Aus diesem Grund werden wegen ihres größeren Massenträgheitsmomentes vorwiegend Außenläufer verwendet. Bei extrem kleiner Ankerspulenzahl erfolgt die Sicherstellung des Anlaufs und der gewünschten Drehrichtung unter Nutzung eines Reluktanzmoments durch eine spezielle Gestaltung des Luftspaltes.

Mit Elektronikmotoren werden Drehzahlen von mehreren zehntausend je Minute (Dentaltechnik), Lebensdauern von einigen zehntausend Betriebsstunden und eine Drehzahlkonstanz bis zu 0,02% (Videotechnik) realisiert. Der Wirkungsgrad beträgt bei Kleinstmotoren bis zu 50% (vergleichbarer Spaltpolmotor 10%). Der für Stellantriebe geforderte Drehzahlstellbereich läßt sich ohne Schwierigkeiten realisieren. Die Kosten eines Elektronikmotor-Antriebes liegen zur Zeit noch über den Kosten eines Antriebes mit Gleichstrommotoren.

K. Vogt, Dresden EA 2268

Elektrotechnische Anlagen in der chemischen Industrie (7. Fachtagung)

Am 23. April 1986 führte der FA Elektrotechnik im FV Chemische Technik gemeinsam mit der Betriebssektion der KDT im VEB Starkstromanlagenbau Leipzig/Halle in Halle/S. seine 7. Fachtagung durch. Sie befaßte sich im ersten Themenkomplex mit den Auswirkungen großer Stromrichter auf das Netz und im zweiten Themenkomplex mit allgemeinen Betriebsproblemen und Erfahrungen in den Chemiebetrieben.

Dr. sc. techn. *Büchner*, TU Dresden, stellte in seinem Einführungsvortrag die Stromrichter-Netzrückwirkungen als Teil der Gebiete Elektroenergiequalität und elektromagnetische Verträglichkeit dar. Hauptinhalt des Vortrages waren die Anwendungsfragen der Projektierungsrichtlinie „Beherrschung von Stromrichter — Netzrückwirkungen" und des Bürocomputerprogrammes BAPSI. An einem Beispiel wurde demonstriert, daß die heute verfügbaren Projektierungshilfsmittel einen weitgehend risikolosen Entwurf industrieller Anschlußstrukturen erlauben. Deren Vielfalt und die sie beeinflussenden Anschlußbedingungen erfordern in jedem Fall eingehende Untersuchungen auch unter Einsatz von Simulationsverfahren.

Ein Autorenkollektiv (CKB Bitterfeld, TH Ilmenau, SALH) machte im zweiten Vortrag mit Ergebnissen von Untersuchungen der Elektroenergiequalität eines großen 110/30/6/0,6-kV-Netzes bekannt, an dessen 30-kV-Ebene leistungsstarke Stromrichteranlagen angeschlossen sind. Mit 12- und 24-pulsigen Stromrichterschaltungen treten im 30-kV-Netz Klirrfaktoren $> 7\%$ auf. Dabei sind besonders die 3., 11., 13., 23., 25. Harmonische vertreten. Im 110-kV-Netz liegen die Klirrfaktoren im Bereich 1,5 bis 3%. Die Meßergebnisse zeigen, daß aus technisch ökonomischen Gründen eine merkliche Absenkung der Oberschwingungspegel im 30-kV- und 110-kV-Netz erforderlich ist. Das kann durch Saugkreisanlagen im 30-kV-Netz erreicht werden.

Dr. sc. techn. *Stade*, TH Ilmenau, und Dr. *Johanni*, Starkstromanlagenbau Leipzig/Halle, befaßten sich mit der Bemessung niederspannungsseitiger Kompensationsanlagen unter Berücksichtigung leistungsstarker Elektrolysen im vorgelagerten Mittelspannungsnetz. Trotz Einhaltung der zulässigen Klirrfaktoren und bei nur geringfügiger Überschreitung der zulässigen Pegel für diskrete Spannungsharmonische kam es infolge des Anschlusses leistungsintensiver Elektrolyseanlagen an ein 30-kV-Industrienetz zum Ausfall einer Kondensatoranlage im unterlagerten Niederspannungsnetz. Rechnerische Ermittlung der Impedanz-Frequenz-Charakteristika des 30-kV und des 6-kV-Netzes ergaben Impedanzabsenkungen bei bestimmten Harmonischen, durch die die 660-V-Kondensatoren als Saugkreise des 30-kV- und des 6-kV-Netzes wirkten und dadurch stark überlastet werden. Es wurde gezeigt, wie durch Kompensationsanlagen mit Saugkreisen im 30-kV-Netz die Spannungsqualität wesentlich verbessert werden kann und Blindleistungskondensatoren im NS-Netz ohne Probleme betrieben werden können.

Im zweiten Themenkomplex machte Dipl.-Ing. *Frohberg*, VEB Chemiekombinat Bitterfeld, mit Betriebserfahrungen der elektrotechnischen Nebenanlagen einer neuen großen Chlorelektrolyse bekannt. Er wies unter anderem darauf hin, daß bei der Konzeption derartiger Anlagen mit großer Versorgungszuverlässigkeit noch mehr Wert auf ein ordnungsgemäßes Zusammenspiel an den Koppelstellen der Teilsysteme Produktionsanlage, Elektroanlage und BMSR-Anlage gelegt werden muß.

Dipl.-Ing. *Berger*, VEB Chemieanlagenbau Leipzig-Grimma, behandelte die Nutzung der Verlustwärme von HS/NS-Transformatoren zur Raumheizung von Trafostationen als Alternative zur elektrischen Direktbeheizung. Bei möglichst hoher Trafoauslastung und geringer Schadstoffbelastung der Umgebungsluft sind bei der vorgestellten Lösung Einsparungen von 40 bis 50 % der Ausrüstungskosten und 60 bis 80 % der Betriebskosten gegenüber elektrischer Direktheizung möglich. Da nicht immer auf den Einsatz elektrischer Direktheizung für elektrotechnische Betriebsräume verzichtet werden kann, wurde im Vortrag von Obering. *Siebert*, VEB Jenapharm, auf die bestehenden gesetzlichen Bestimmungen und technischen Randbedingungen für derartige Einsatzfälle hingewiesen. Energetisch und ökonomisch günstige Lösungen werden erreicht, wenn die Raumluft bis in den Bereich von 0 °C bis + 5 °C beheizt und bei mehr als 0 °C entfeuchtet wird.

Als Hilfsmittel für den Betreiber elektrischer Anlagen im chemischen Großbetrieb stellte Dipl.-Ing. *Hoop*, VEB PCK, KB Böhlen, Elektrotechnische Schemata und eine Entstörungsdokumentation vor. Sie dienen als Arbeitshilfsmittel und der Qualifikation des Entstörungspersonals sowie der Verkürzung der Ausfallzeiten. Wichtige Daten der einzelnen Antriebe, der Schaltgeräte, Angaben zu Örtlichkeiten, technologische Abhängigkeiten und vereinfachte Schalt- und Stromlaufpläne sind karteimäßig zusammengefaßt worden.

Abschließend konnte der Vorsitzende des FA Elektrotechnik, Dipl.-Ing. *Hoop*, feststellen, daß die Zielstellung dieser Fachtagung, nämlich der Austausch von Erfahrungen der Betreiber von elektrischen Anlagen in der chemischen Industrie untereinander und mit Projektanten sowie die Vermittlung neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse, zum Nutzen unserer Volkswirtschaft erreicht wurde.

K.-D. Germer, Leuna EA 2278

Aspekte zur Gewährleistung der technischen Sicherheit überwachungspflichtiger elektrotechnischer Anlagen

280. Elektrotechnisches Kolloquium der Sektion Elektrotechnik der TU Dresden am 14. 5. 1986

Referent: Dr.-Ing. *R. Köppe*, Staatliches Amt für Technische Überwachung
Leitung: Prof. Dr. sc. techn. *H. Böhme*

Ausgehend von einem Überblick über die grundlegenden Aufgaben und die prinzipielle Arbeitsweise des Staatlichen Amtes für Technische Überwachung wurde im ersten Teil des Vortrages der Umfang der Überwachungspflicht für elektrotechnische Anlagen erläutert. Es wurde gezeigt, daß die dazu in der Anordnung vom 29. 7. 1985 über die Nomenklatur überwachungspflichtiger elektrotechnischer Anlagen (GBl. I, Nr. 22, S. 257) getroffenen gesetzlichen Festlegungen unter Berücksichtigung folgender Kriterien entstanden sind.

1. Bewertung der möglichen Gefährdungen, die von elektrotechnischen Anlagen ausgehen können, wie z. B. die elektrische Durchströmung von Menschen und Tieren, die Zündung von Bränden und Explosionen, die thermischen und dynamischen Wirkungen von Störlichtbogen, der Ausfall von Elektroenergie und Probleme der galvanischen, elektrischen und magnetischen Beeinflussungen.
2. Gewährleistung einer hohen Zuverlässigkeit der Elektroenergieversorgung, da der Ausfall der Elektroenergieversorgung in einer Großstadt, die Störung von Verkehrs- und Transportstrecken oder der Stillstand kontinuierlich arbeitender Gewinnungs- und Produktionsanlagen zu schweren Beeinträchtigungen und hohen volkswirtschaftlichen Verlusten führen kann.
3. Nutzung bisheriger Erfahrungen aus der Überwachungstätigkeit insbesondere aus den Untersuchungen eingetretener Unfälle und Havarien.

Im zweiten Teil des Vortrages wurde über ausgewählte Aspekte des Unfall- und Havariegeschehens berichtet.

Elektrische Unfälle in Hochspannungsanlagen werden überwiegend durch subjektiv bedingtes Fehlverhalten verursacht. Unfallschwerpunkte sind das Verwechseln von Schaltzellen, das Öffnen von Trennern unter Last, das Schließen von Erdungstrennern bzw. der Einbau von E- und K-Vorrichtungen bei unter Spannung stehenden Anlagen und das Schalten der Spannung auf geerdete Anlagenteile.

Der Überblick über Havarien an elektrotechnischen Betriebsmitteln und Anlagen machte deutlich, daß in den meisten Fällen komplexe Ursachen vorliegen und schwerwiegende Auswirkungen immer dann auftreten, wenn Zweifachfehler entstehen, z. B. wenn das Schutzsystem versagt bzw. nicht folgerichtig arbeitet. Der größte Anteil der Havarien wird durch Überbeanpsruchungen, insbesondere durch Blitzüberspannungen und durch herstellungs- bzw. alterungsbedingte Ausfälle von Betriebsmitteln verursacht. Speziell wurde dabei auch auf die Probleme bei unzureichendem Langzeitverhalten von Betriebsmitteln eingegangen und daraus resultierende Folgen, wie zusätzliche Überwachung, Sanierung bzw. Erneuerung, erläutert. In der Diskussion wurden Fragen zur praktischen Durchführung und zum Umfang der Überwachungstätigkeit, sowie zum Ausfallverhalten von elektrotechnischen Betriebsmitteln und deren Bewertung behandelt.

H. Böhme, Dresden EA 2266

KURZBERICHTE

Informationen zu neuen internationalen Vorschriften auf dem Gebiet der Elektro- und Automatisierungstechnik

In Fortsetzung der Auswertung wichtiger Vorschriften der IEC bzw. anderer Länder, [1] und [2], für Weltstandsvergleiche zur schnelleren Entwicklung der Erzeugnisse, sollten nachfolgende Publikationen der Jahre 1984/85 [3] bis [7] Beachtung finden:

IEC 300 (Ausgabe 1985)

„Leitfaden für das Zuverlässigkeitsmanagement"

Die erste IEC-Publikation aus dem Jahre 1969 wurde grundlegend überarbeitet und ist auch in DIN IEC 56 (co) 86 veröffentlicht. Dieser Leitfaden soll während der verschiedenen Phasen der Realisierung eines Produkts (Planung, Entwicklung, Fertigung, Aufbau, Betrieb) Anleitung geben, welche Punkte im Hinblick auf die Erzielung einer ausreichenden bzw. geforderten Zuverlässigkeit zu beachten und welche Betrachtungen und Analysen durchzuführen sind. Einige der erfaßten Maßnahmen auf dem Gebiet der Zuverlässigkeit und Instandhaltung sind:

- Ermittlung der Kosten während der Produktionsdauer
- Erstellung von Ablauf- und Programmplänen
- Festlegung der Zuverlässigkeitskenngrößen
- Wahl der Zuverlässigkeitsanalysen
- Entwurfsüberprüfung, Nachweise, Dokumentation und Schulung.

IEC 79-14 (Ausgabe 1985)

„Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche;
Teil 14: Errichten elektrischer Betriebsmittel in gasexplosionsgefährdeten Bereichen".

Der IEC-Report enthält Richtlinien für Entwurf, Auswahl und Errichten elektrotechnischer Anlagen in gasexplosionsgefährdeten Bereichen insbesondere der chemischen und petrolchemischen Industrie sowie allgemeine Installationshinweise für alle explosionsgefährdeten Bereiche und Sonderbestimmungen für das Errichten in den Zonen 0, 1 und 2.

IEC 73 (Ausgabe 1984)

„Kennfarben von Leuchtmeldern und Druckknöpfen"

Die 3. Ausgabe der IEC-Publikation ist auch im CENELEC-Harmonisierungsdokument HD 354 erläutert. Im Abschnitt 3.4 wurde der Absatz zur Anwendung von Blinklicht vollständig überarbeitet. Die Neufassung beinhaltet folgende zwei Blinkfrequenzen:

- $f1$ für langsames Blinken im Bereich von 0,4 bis 0,8 Hz
- $f2$ für normales Blinken im Bereich von 1,4 bis 2,8 Hz.

Ing. Ing. *H. Kloust*, Koordinierungsbeauftragter für Standardisierungsaufgaben der Automatisierungstechnik im ZFT des VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau Berlin

Was die Puls-Pausenverhältnisse angeht, so wurden diese Angaben mit 1 : 4 (z.B. 0,5 : 2 Hz) empfohlen. Die dritte vorgeschlagene Blinkfrequenz für schnelles Blinken (5 bis 10 Hz) konnte sich international nicht durchsetzen.

IEC 297-3 (Ausgabe 1985)

„Maße der 482,6 mm — (19 Zoll) Bauweise;
Teil 3: Baugruppenträger und Baugruppen"

Die 19 Zoll-Bauweise ist z.Z. die einzige international genormte Bauweise für Gehäuse bei Verwendung der gleichsfalls genormten Steckverbinder nach IEC 603-2 und gewährleistet die mechanische Austauschbarkeit von Schränken, Gestellen, Baugruppenträgern und Baugruppen. Diese Gehäuse können weltweit zur Entwicklung und Fertigung von elektrischen Geräten und Systemen der MSR-Technik sowie der Nachrichten- und Rechentechnik genutzt werden. Diese IEC-Norm enthält neben einer allgemeinen Beschreibung der Bauweisenstruktur und Begriffsbestimmung auch Maßfestlegungen für die Austauschbarkeit von Baugruppenträgern und Baugruppen (Europa- und Doppeleuropakarten). Desweiteren sind für Steckplatten und Kassetten mit der bevorzugten Kennzeichnung der Europakarten auf der Basis des 100 × 160 × 1,6 mm Rasters auch der Einbau der nach IEC 603-2 genormten Steckverbinder festgelegt.

IEC 479-1 (Ausgabe 1985)

„Wirkung elektrischer Ströme auf den menschlichen Körper;
Teil 1: Allgemeine Gesichtspunkte"

Die Publikation ist unterteilt in:

- Kapitel 1. Elektrischer Widerstand des menschlichen Körpers
- Kapitel 2. Wirkungen von Wechselströmen im Bereich von 16 bis 100 Hz.
- Kapitel 3. Wirkungen von Gleichströmen.

In dieser IEC-Publikation wurden zusätzlich experimentell gesicherte Widerstandswerte des menschlichen Körpers aufgenommen, und zwar in Abhängigkeit von der angelegten Spannung. Sie weichen von der Ausgabe 1974 und den Festlegungen des TC 64 hinsichtlich der Strom-Zeitwerte erheblich ab und sind anwendbar bei der Umrechnung der zulässigen Strom- auf Spannungszeitwerte, die sich im Zusammenhang mit den zulässigen Schutzmaßnahmen gegen den elektrischen Schlag notwendig machen. Der Bericht kann als Grundlage dienen, um die Sicherheitsanforderungen hinsichtlich des Schutzes vor zu hohen Berührungsspannungen international und national zu überprüfen.

IEC 793-1 (Ausgabe 1985)

„Lichtwellenleiter-Fasern;
Teil 1: Fachgrundnorm"

Die Fachgrundnorm wurde von der IEC/SC 46E ausgearbeitet und enthält erste wesentliche Angaben über notwendige Prüfverfahren, maßliche Unterteilungen, mechanische und übertragungstechnische Eigenschaften sowie das Verhalten gegen Umwelteinflüsse.

IEC 747-8 und 10 (Ausgabe 1985)

„Halbleiter-Bauelemente; Einzelhalbleiter-Bauelemente;
Teil 8: Feldeffekttransistoren"

Dieser Teil enthält Informationen für Datenkennblätter in Unterteilung:

- Allgemeines-, Begriffe, Definitionen und Kurzzeichen
- Grenz- und Kennwerte für die verschiedene Anwendung von Feldeffekttransistoren
- Meßmethoden.

„Teil 10: Fachgrundspezifik für Einzelhalbleiter-Bauelemente und integrierte Schaltungen"

Dieser Teil enthält Angaben über allgemeine Gütebestätigungsverfahren für Einzelhalbleiter-Bauelemente und integrierte Schaltungen einschließlich Multichipsschaltungen. Es wurden Regeln festgelegt für

- elektrische Meßverfahren der Kennwerte
- klimatische und mechanische Prüfungen
- Dauerbeanspruchungsprüfungen.

Die später erschienenen Teile 3 und 5 gliedern sich wie folgt:

„Teil 3: Dioden kleiner Leistung (einschließlich Schaltdioden) und Stabilisatordioden"
mit der Unterteilung:

- Allgemeines, Begriffe, Definitionen und Kurzzeichen
- Grenz- und Kennwerte für Dioden kleiner Leistung
- Meßmethoden
- Elektrische Dauerbeanspruchungsprüfungen.

„Teil 5: Optoelektronische Bauelemente"
mit der Unterteilung:

- Allgemeines, Begriffe, Definitionen und Kurzzeichen
- Grenz- und Kennwerte für Leuchtdioden, Infrarotdioden, Photodioden und -transistoren, Optokoppler
- Meßmethoden.

IEC 748-1 (Ausgabe 1985)

„Halbleiter-Bauelemente; Integrierte Schaltungen;
Teil 1: Allgemeines"

Diese IEC-Norm löst die Publikationen 147 und 148 ab und enthält alle Begriffe, Kurzzeichen, Datenkennblattangaben und allgemeine Angaben zur Zuverlässigkeit, die für integrierte Schaltungen gelten.

IEC 749 (Ausgabe 1985)

„Halbleiter-Bauelemente; Mechanische und klimatische Prüfverfahren"

In dieser Publikation, die die IEC 147-5 ablöst, ist eine Auswahl der möglichen Schärfegrade, Bedingungen und Werte für Halbleiter-Bauelemente getroffen, die in der IEC-Publikation 68 aufgeführt sind. Dazu gehören:

- mechanische Prüfverfahren (Zug-, Biege-, Verdreh- und Kontaktfestigkeit, Lötbarkeit, Schwingen, Schocken, Beschleunigen)
- Klimatische Prüfungen (Temperaturwechsel, Lagerung bei hohen Temperaturen, Unterdruck, Dichte, Salznebel, thermische Unterbrechung)
- verschiedene Prüfverfahren (Entflammbarkeit von kunststoffumhüllten Bauelementen und Beständigkeit der Kennzeichnung).

IEC 335-1 Ä 4 (Ausgabe 1985)

„Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke.
Teil 1: Allgemeine Anforderungen":

Die IEC-Publikation des TC 61 wurde abgeschlossen und es mußten neue Anforderungen und Prüfbedingungen aufgenommen werden. Im einzelnen werden Maßnahmen gefordert, die zur Beseitigung von Zündquellen oder wo dies nicht möglich ist, zur Verhinderung der Entflammung (Widerstandsfähigkeit gegen Wärme- Feuer- und Kriechstrombildung) führen. Weiterhin wurde eine Neueinteilung der Umgebungseinflüsse vorgenommen, so daß nunmehr folgende Kategorien bestehen: normale, erschwerte und außerordentlich erschwerte Gebrauchsbedingungen. Dafür sind die Anforderungen an die Prüfzahl- und Kriechwegbildung abgestuft und alternative Prüfungen festgelegt worden. Durch übersichtliche Darstellungen werden außerdem die Prüfabläufe erläutert. Weiterhin sind Festlegungen enthalten

- zum Einbau von Sicherungen
- zum Verzinnen der Enden von Drahtlitzen (nur bei guter Kontaktgabe möglich)
- zu zugelassenen Netzanschlußleitungen, deren Zugentlastungen, Verbindungen und Querschnitten
- zur Beurteilung der zulässigen Kriech- und Luftstrecken für Heizleiter.

IEC 724 (Ausgabe 1985)

„Richtlinie für die zulässige Kurzschlußtemperatur von Starkstromkabeln mit Nennspannung bis 0,6/1 kV"

Die als Empfehlung formulierte Norm ist unterteilt in

- zweckmäßige Anordnung von Kabeln und Anschluß der Garnituren sowie Auswahl der verwendeten Meßgeräte
- durchzuführende Kurzschlußprüfung nach den dynamischen oder thermischen Auswirkungen
- Beurteilung der Prüfergebnisse nach Beurteilungskriterien wie Verformung, Verkohlung, Reißen des Isolierwerkstoffes, Risse im Mantel.

IEC 50 (Ausgabe 1984—85)

„Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch (IEV)"

In den Jahren 1984 und 1985 wurden weitere Kapitel des IEV neu erarbeitet bzw. ergänzt. Dazu gehören:

Kapitel 441. Schaltanlagen, Schaltgeäte, Sicherungen, mit der Unterteilung:

- Allgemeine Begriffe zu Schaltanlagen und Schaltgerätekombinationen
- Bestandteile von Schaltanlagen und Schaltgerätekombinationen
- Bestätigungsformen, Kenngrößen von Schaltanlagen, Schaltgerätekombinationen und Sicherungen.

Kapitel 461. Kabel und isolierte Leitungen mit der Unterteilung:

- Aufbauelemente (Leiter, Isolierungen, Schichten, Schirme, Schutzhüllen)

— Kabel (für allgemeine Anwendung, thermisch stabile Kabel, isolierte Kabel und Kabel für Sonderzwecke)
— Kabelgarnituren (Endverschlüsse, Muffen und weiteres Zubehör).

Kapitel 471. Isolatoren, mit der Unterteilung:
— Allgemeine Begriffe über Isolatoren und Durchführungen
— Freileitungsisolatoren, Isolatoren für Geräte und Anlagen.

Kapitel 521. Halbleiterbauelemente und integrierte Schaltungen mit einer Unterteilung in 10 Hauptabschnitte zu wesentlichen Begriffsgruppen der Halbleiterbauelemente und integrierten Schaltungen.

Kapitel 801. Akustik und Elektroakustik mit der Unterteilung:
— Allgemeine Begriffe zu Pegeln, Übertragung, Ausbreitung und Schwingungen
— Wandlerparameter, Mikrofone, Lautsprecher und Kopfhörer
— physiologische, psychologische und musikalische Akustik Architekturakustik, Wasserschall.

Kapitel 111-02. Physik und Chemie. 2. Hauptabschnitt: Begriffe der Elektrochemie mit der Unterteilung:
— Grundbegriffe zur Elektrochemie (Elektrolyt, Elektrode, Ion, galvanische Zelle, Zellenspannung, Elektro-Osmose, pH-Wert)
— Größen und Einheiten.

IEC 788 (Ausgabe 1985)

„Medizinische Radiologie; Terminologie"

In dieser Publikation sind die Begriffe und Benennungen zur medizinischen Radiologie, die in der Publikation vom IEC/SC 62 B Arbeitskreis genutzt werden, zusammengefaßt und erläutert und mit dem IEV, Kap. 881, ICR4-Report 33 und ISO 921 abgestimmt, was ihre Nutzung als Fachwörterbuch ermöglicht.

DIN VDE 0288 Teil 1 A 1 (Ausgabe 1985)

„Maßnahmen bei Beeinflussung von Fernmelde-Anlagen durch Starkstromanlagen; Allgemeine Grundlagen"

Die 1. Änderungsausgabe enthält Klarstellungen und Ergänzungen zu Grenzwerten für die Längst-EMK in FM-Netzen und neue Meßverfahren bei der Messung des Empfindlichkeitsfaktors und Asymmetriegrades.

DIN VDE 0510 Teil 7 (Ausgabe November 1985)

„Akkumulatoren und Batterieanlagen; Gerätebatterien"

Diese Norm enthält Festlegungen für Batterie- und Gerätekonstruktionen bezüglich der Unterbringung, Schaltung und des Betriebs von Primärzellen, -batterien und Akkumulatoren. Sie informiert darüber hinaus über die Verpolsicherheit und den Schutz vor Fehlbehandlungen.

DIN VDE 0160 A 8 (Ausgabe 1985)

„Ausrüstungen von Starkstromanlagen mit elektronischen Betriebsmitteln"

Diese 8. Änderung der Norm bezieht sich auf neue Sicherheitsanforderungen an elektronischen Ausrüstungen, wie auch auf die Angleichung an Vorschriften bezüglich des Schutzes gegen elektrischen Schlag und äußere Anschlüsse.

DIN VDE 0100 Teil 708 (Ausgabe September 1985)

„Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V; elektrotechnische Anlagen auf Campingplätzen und Caravans"

Dieser Normenentwurf und das CENELEC-Harmonisierungsdokument 23 beinhaltet Anforderungen an elektrotechnische Anlagen auf Campingplätzen, die der elektrischen Versorgung von Wohnwagen oder Zelten dienen sowie Anforderungen an die elektrotechnischen Anlagen innerhalb von Caravans. Gegenüber dem Teil 721 wurden geändert:
— Aufnahme von Begriffserklärungen
— Aufnahme von Festlegungen zur Versorgung mit Nennströmen größer als 16 A
— Aussagen zum Verlegen von Kabeln und Leitungen und Auswahl von Betriebsmitteln
— Festlegungen für Raumteile mit Badewanne oder Dusche.

In Teil 730 (Ausgabe Januar 1985) werden für Gebäude, die vorrangig aus brennbaren Stoffen bestehen, für Silikat-Asbeststoffe andere Stoffe vorgestellt, die teilweise bessere feuersicherheitstechnische Eigenschaften besitzen.

DIN 57100/VDE 0100 (Entwürfe 1983 bis 1985)

„Errichtungsbestimmungen für elektrische Anlagen bis 1000 V"

Nach Neugliederung und Übernahme wichtiger Festlegungen von IEC-Publikationen (z.B. IEC 364) wurden folgende Teile der BRD-Vorschrift überarbeitet:

Teil 200 (7.85) Allgemeingültige Begriffe;
Teil 410 (11.83) Schutz gegen gefährliche Körperströme;
Teil 420 (11.84) Schutz gegen thermische Einflüsse;
Teil 443 (6.85) Schutz gegen Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse;
Teil 510 (11.84) Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel. Allgemeines;
Teil 540 (11.83) Erdung, Schutzleiter, Potentialausgleichsleiter;
Teil 560 (11.84) Elektrotechnische Anlagen für Sicherheitszwecke
Teil 701 (5.84) Bestimmungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art; Räume mit Badewanne oder Dusche;
Teil 705 (11.84) Landwirtschaftliche Betriebsstätten;
Teil 721 (4.84) Caravans, Boote und Jachten sowie ihre Stromversorgung auf Camping- bzw. Liegeplätzen;
Teil 722 (5.84) Fliegende Bauten, Wagen und Wohnwagen nach Schaustellerart;
Teil 723 (11.83) Unterrichtsräume mit Experimentierständen;
Teil 727 (11.83) Antriebe und Antriebsgruppen;
Teil 728 (4.84) Ersatzstromversorgungsanlagen;
Teil 736 (11.83) Niederspannungsstromkreise in Hochspannungsanlagen.

VDI 4010 Bl. 03 (Ausgabe 1985)

„Planung eines Zuverlässigkeitsdatensystems"

In o.g. Richtlinie werden die wesentlichsten Maßnahmen beschrieben, die zur Planung eines Zuverlässigkeitsdatensystems im Rahmen einer Projekterarbeitung im allgemeinen in Frage kommen. Es werden einerseits die generell erforderlichen Planungsmaßnahmen zur Erfassung und Auswertung von Daten zur Zuverlässigkeitsermittlung aufgezeigt, und zum anderen auf die Mitwirkung weiterer Datenbereiche zur rationellen Projektunterstützung hingewiesen.

VDI/VDE 3691 (Ausgabe Mai 1985)

„Weibull-Verteilung und andere Extremwertverteilungen"

Die für die Zuverlässigkeitstheorie wichtige Analyse von Ausfallmechanismen führt in vielen Fällen zu sogenannten Extremwertverteilungen, die die Auftretenswahrscheinlichkeit der größten und kleinsten Elemente von Folgen zufälliger Variabler kennzeichnen. Da die Weibullverteilung zu dieser Klasse der Extremwertverteilungen gehört und diese häufig angewendet wird, hat man sie in dieser Richtlinie zum Gegenstand der Betrachtung und Untersuchung gemacht.

VDI 2213 (Ausgabe Mai 1985)

„Datenverarbeitung in der Konstruktion; Integrierte Herstellung von Konstruktions- und Fertigungsunterlagen"

In dieser Richtlinie werden die für die Fertigung benötigten auftragsbezogenen Unterlagen (wie Detailzeichnungen, Montagezeichnungen, Stücklisten, Arbeitspläne, NC-Datenblätter, Maschineneinrichtungspläne, Prüf- und Montagepläne, Kalkulations- und Materialanforderungsunterlagen) beschrieben, die in verstärktem Maße mit Hilfe von Datenverarbeitungsanlagen hergestellt werden. Weiterhin werden Gestaltungsgrößen und Aufbau der integrierten Systeme angeführt sowie Beispiele und betriebliche Aspekte aufgezeigt.

VDI/VDE 2180 Bl. 1, 3, 5 (Ausgabe Dezember 1984)

„Sicherung von Anlagen der Verfahrenstechnik mit Mitteln der MSR-Technik"

— Bl. 1: „Einführung, Begriffe und Erklärungen";
— Bl. 3: „Klassifizierung von MSR-Einrichtungen";
— Bl. 5: „Bauliche und installationstechnische Maßnahmen zur Funktionssicherung von MSR-Einrichtungen in Ausnahmezuständen";

In dieser Richtlinie werden in 5 Einzelblättern Grundlagen der Anlagensicherung behandelt, die bei der Planung, Erstellung und dem Betrieb von Sicherungseinrichtungen zu beachten sind, bei denen Mittel der MSR-Technik zum Einsatz kommen. Als Einrichtungen gelten innerhalb dieses Komplexes Meßwertaufnehmer, -umformer, Grenzsignalgeber, Mittel zur Signalverarbeitung sowie Auslöser, Stellgeräte und Melder.

Im Blatt 1 werden Begriffe, Definitionen, Arbeitsweise und Auswirkungen der Sicherungseinrichtungen sowie ihre Erkenn- und Prüfbarkeit beschrieben. Weiter werden

Beispiele angeführt, wie durch konstruktive und schaltungstechnische Maßnahmen in den Sicherheitseinrichtungen oder durch redundante Ausführung Fehler oder deren Auswirkungen reduziert werden können.
Mit Blatt 3 sollen Hinweise gegeben werden, wie MSR-Einrichtungen aufgabengerecht und mit wirtschaftlich angemessenem Aufwand auszulegen sind. Es ermöglicht klare Abgrenzungen bei Planung, Errichtung, Betrieb und späteren Änderungen der Anlagen.
Blatt 5 gibt Hinweise zu baulichen und installationstechnischen Maßnahmen, deren Realisierung es ermöglicht, Gefahren (Personen- oder Sachschäden) bei Funktionsstörungen der MSR-Einrichtungen infolge von Ausnahmezuständen in der Produktionsanlage vorzubeugen.

VDI/VDE 3521 Bl. 1 (Ausgabe Juni 1985)

„Richtlinie für die Untersuchung der Regel- und Steuereinrichtung von Dampfturbinen, Drehzahl-, Frequenz-, Leistungs- und Druckregelung"

Diese Richtlinie ersetzt die Ausgabe 1983 und führt die in Industrie- und Großkraftwerken üblichen Regelkonzepte sowie den Stand moderner Turbinenregelungen an.
Enthalten sind:
- Begriffe zur Regelung und zu den statischen Kennwerten
- Erläuterungen zu den in Kraftwerken praktizierten Betriebsweisen unter Beachtung der Größen Drehzahl, Frequenz und Leistung aus regelungstechnischer Sicht
- Untersuchungsverfahren für Betriebsweisen und Vor- bzw. Gegendruckregelung;
- Angaben über Voraussetzung, Meßverfahren und Dokumentation bei eingesetzter Regelung.

Vorschriften für die Errichtung von elektrotechnischen Anlagen (PUE) der UdSSR (Ausgabe 1985)

Ausrüstungen für elektrotechnische Anlagen (Starkstrom- und MSR-Teile) müssen in der UdSSR nach den dort geltenden PUE-Vorschriften „Errichtungsvorschriften für elektrotechnische Anlagen" errichtet und geprüft werden. Im Jahre 1985 ist ein neues, in Form eines Sammelbandes herausgegebenes Vorschriftenwerk in Kraft getreten. Dieser Sammelband umfaßt folgende Teile, deren deutsche Übersetzung im KAAB durch das EAB-ZFT im Jahre 1986 vorbereitet wird:

Artikel I „Allgemeine Regeln"
mit den Kapiteln
1. Allgemeiner Teil
2. Energieversorgung und elektrische Netze
3. Auswahl der Leiter nach Erwärmung, ökonomischer Stromdichte und den Bedingungen der Koronaentladung
4. Auswahl der elektrischen Geräte und Leiter nach den Kurzschlußbedingungen
5. Erfassung der Elektroenergie
6. Messung elektrischer Größen
7. Erdung und Schutzmaßnahmen zur Gewährleistung der elektrischen Sicherheit
8. Umfang und Normen der Abnahme-Übernahme-Prüfungen.

Artikel II „Übertragung und Verteilung der Elektroenergie"
mit den Kapiteln
1. Installationsanlagen
2. Stromleiter für Spannungen bis zu 35 kV
3. Kabel für Spannungen bis 220 kV
4. Freileitungen für die Energieübertragung mit Spannungen bis zu 1000 V
5. Freileitungen für die Energieübertragung mit Spannungen über 1000 V.

Artikel III „Schutz und Automatik"
mit den Kapiteln
1. Schutz von elektrischen Netzen und Spannungen bis 1000 V
2. Relaisschutz
3. Automatik und Fernwirktechnik
4. Sekundärstromkreise.

Artikel IV „Verteilereinrichtungen und Umspannstationen"
mit den Kapiteln
1. Verteilereinrichtungen mit Spannungen bis zu 1000 V
2. Verteilereinrichtungen mit Spannungen über 1000 V
3. Umformerstationen und -anlagen
4. Akkumulatorenanlagen.

Artikel V „Starkstromanlagen"
mit den Kapiteln
1. Elektromaschinenräume
2. Generatoren und Synchronphasenschieber
3. Elektromotore und ihre Schaltgeräte
4. Elektrotechnische Ausrüstungen von Kränen
5. Elektrotechnische Ausrüstungen von Aufzügen
6. Kondensatorenanlagen.

Artikel VI „Elektrische Beleuchtung"
mit den Kapiteln
1. Allgemeiner Teil
2. Innenbeleuchtung
3. Außenbeleuchtung
4. Reklamebeleuchtung
5. Beleuchtungsarmaturen, Installationsteile.

Artikel VII „Elektrotechnische Ausrüstungen von speziellen Anlagen"
mit den Kapiteln
1. Elektrotechnische Ausrüstungen von Gesellschafts- und Wohnbauten
2. Elektrotechnische Ausrüstungen von Veranstaltungsbetrieben, Klubeinrichtungen und Sportanlagen
3. Elektrotechnische Anlagen in explosionsgefährdeten Zonen
4. Elektrotechnische Anlagen in brandgefährdeten Zonen
5. Elektrowärmeanlagen
6. Elektroschweißanlagen
7. Elektroanlagen
8. Torfkraftwerksanlagen.

Vorschriften für die Errichtung von elektrotechnischen Anlagen in der Ungarischen VR

Im Verlag für Standardisierung Budapest erschien 1983 ein Sammelband über die in der Ungarischen VR geltenden Vorschriften für die Errichtung von elektrotechnischen Anlagen, der in folgende Kapitel unterteilt ist:
1. Zu Spannungen, Frequenzen und Isolierungen
2. Zur Errichtung von Freileitungen, Kabelnetzen und Armaturen
3. Zum Berührungsschutz und Schutzarten
4. Über statische Aufladungen und deren Messungen
5. Zu Meßmethoden und Abnahmeverfahren.

H. Kloust, Berlin

Literatur

[1] *Kloust, H.:* Informationen zu neuen internationalen Vorschriften der Elektro- und Automatisierungstechnik. msr. Berlin, 27 (1984) 8, S. 371—372
[2] *Kloust, H.:* Informationen zu neuen internationalen Vorschriften der Elektro- und Automatisierungstechnik. msr, Berlin 28 (1985) 11, S. 510—511
[3] DIN-Mitteilungen: Neues aus dem Normenwerk, Berlin/Offenbach 64 (1985), 1 bis 12
[4] *Grütz, A.:* Jahrbuch zum VDE-Vorschriftenwerk 1985/86 Berlin/Offenbach: VDE-Verlag GmbH 1985
[5] *Kloust, H.:* Automatisierungsanlagen — Standards und Kenngrößen. Band 213 der Reihe AUTOMATISIERUNGSTECHNIK. Berlin: VEB Verlag Technik 1985
[6] Energoatomisdat: Vorschriften für die Errichtung von Elektrotechnischen Anlagen (PUE). Moskau: Energoatomisdat 1985
[7] Ungarisches Amt für Standardisierung: Allgemeine Elektrizität. Budapest: Verlag für Standardisierung 1983

EA 2222

Bibliographische Recherchen des Amtes für Erfindungs- und Patentwesen der DDR

Bibliographische Recherchen können sowohl im Prozeß der Erarbeitung von Aufgabenstellungen als auch im Prozeß der Realisierung von Forschungs- und Entwicklungsaufgaben effektiv eingesetzt werden. Durch bibliographische Recherchen ist die weltweite Ermittlung aller oder einzelner Schutzrechte möglich.
Die für diese Arbeiten zur Verfügung stehenden Fonds sind umfangreicher als die Fonds für thematische Recherchen. Die Auswertung der bibliographischen Daten wird wegen des standardisierten Aufbaus der Patentblätter durch keine Sprachbarriere eingeschränkt. Weiterhin wird die Qualität der Rechercheergebnisse nicht durch die unterschiedliche Anwendung der Internationalen Patentklassifikation (Int. Cl.) in verschiedenen Staaten beeinträchtigt.
Bibliographische Recherchen können die Durchführung von thematischen Recherchen wirksam ergänzen und durch eine optimale Verknüpfung rationalisieren, haben aber auch als eigenständige Auswertungsform für eine effektive Erschließung des Wissens aus Patenten eine wachsende Bedeutung.
In Abhängigkeit von der Aufgabenstellung wird bei bibliographischen Recherchen zwischen Namens-, Analog- und Rechtsbestandsrecherchen unterschieden.

Namensrecherchen

Namensrecherchen sind Recherchen zur Ermittlung der veröffentlichten Erfindungsschutzrechte bekannter Anmelder, Inhaber oder Erfinder. Ausgangspunkte für Namensrecherchen sind
- die amtlichen Bezeichnungen von Anmeldern/Inhabern/Erfindern
- die Festlegung der Rechercheländer und des Recherchezeitraumes.

Es kann sich hierbei um die Ermittlung sämtlicher Erfindungsschutzrechte handeln oder um die eines bestimmten Sachgebietes. In diesem Fall ist eine Eingrenzung der Recherche durch Angabe der relevanten Ordnungseinheiten der Patentklassifikation erforderlich. Die Namensrecherche gibt die Möglichkeit, eine Übersicht über die Schutzrechte interessierender Konzerne, Betriebe oder Forschungseinrichtungen zu erhalten und sich damit über deren neueste wissen-

schaftlich-technische Entwicklungen und deren schutzrechtliche Sicherung zu informieren.
Im Rahmen von Namensrecherchen können auch neue Erfindungsschutzrechte ermittelt werden, über die in der Fachpresse, in Messekatalogen oder Werbeschriften berichtet wurde. Namensrecherchen sind auch geeignet für die Durchführung von Firmenvergleichen bezüglich der Erfindungsergiebigkeit oder für Recherchen zur Ermittlung technischer Entwicklungstendenzen anhand der veröffentlichten Schutzrechte zu den Erfindungen der Marktführer oder bekannter Spezialisten.

Analogrecherchen

Analogrecherchen sind Recherchen zur Ermittlung der Schutzrechte, die ausgehend von einer Erstanmeldung in weiteren Ländern unter Inanspruchnahme der Unionspriorität angemeldet werden. Die Unionspriorität wird entsprechend der Pariser Verbandsübereinkunft für ein Jahr gewährt. Ihre Inanspruchnahme ist auf den Erfindungsbeschreibungen und in den patentamtlichen Bekanntmachungen verzeichnet. Bei der Analogrecherche werden auch korrespondierende Schutzrechte ermittelt. Das sind Schutzrechte, die ohne Inanspruchnahme einer Unionspriorität für dieselbe Erfindung in weiteren Ländern angemeldet wurden. Grundlage der Recherche sind in diesen Fällen die Angaben über Anmelder, Inhaber, Erfinder, Klassifikation und Titel. Auch Zeichnungen, Tabellen und Formeln werden zum Vergleich der Erfindungsbeschreibungen herangezogen. Recherchen zu korrespondierenden Schutzrechten werden in den Patentblättern der zu recherchierenden Staaten durchgeführt.
Die Kenntnis über den territorialen Schutzempfang von Erfindungen ist unbedingte Voraussetzung dafür, daß bei Exporten in die betreffenden Länder keine Verletzung fremder Schutzrechte erfolgt.
Analogrecherchen können auch kombiniert mit Rechtsbestandsrecherchen zur Vorbereitung von Lizenzverhandlungen dienen. Der Nachweis, daß für den Lizenzgegenstand in den interessierenden Ländern keine gültigen Schutzrechte bestehen, kann Lizenzverhandlungen maßgeblich beeinflussen. Durch Analogrecherchen lassen sich die erfinderischen Aktivitäten und marktpolitischen Absichten von Anmeldern/Inhabern störender Schutzrechte durch Feststellung der Staaten, in denen Patentanmeldungen getätigt werden, nachweisen.
Mit diesen Recherchen können auch sprachlich leichter erschließbare analoge Erfindungsbeschreibungen rationell ermittelt werden und dadurch Übersetzungsleistungen eingespart werden.

Rechtsbestandsrecherchen

Rechtsbestandsrecherchen sind Recherchen zur Untersuchung, inwieweit rechtserhebliche Angaben, die von einem Schutzrecht bekannt sind, noch gelten bzw. wie sich der Rechtsbestand des Schutzrechtes verändert hat. Ausgangspunkte für Rechtsbestandsrecherchen sind die für die Ermittlung eines Erfindungsschutzrechtes erforderlichen bibliographischen Daten (Publikationsland, -nummer, -tag, Int. Cl.).
Ablauf und Zielstellung der Recherchen sind davon abhängig, ob es sich bei dem zu recherchierenden Schutzrecht um eine Anmeldung oder um ein bereits erteiltes Patent handelt. Änderungen am Rechtsbestand können z. B. Erledigungen bzw. Löschungen bei Nichtzahlung der Jahresgebühren, Einschränkungen des Schutzumfanges, Zurückweisungen, Verzichte oder Änderungen des Namens des Anmelders oder Inhabers sein.
Rechtsbestandsrecherchen sind von besonderer Bedeutung für die Nachnutzung von erfindungsgemäßen Lösungen. Erfindungen, für die kein gültiges Schutzrecht mehr besteht, gehören zum freien Stand der Technik und stehen damit der Öffentlichkeit zur kostenlosen Nachnutzung zur Verfügung. Für die eigene Entwicklung[1]) störende Schutzrechte, die noch rechtsgültig sind oder gegen die Einsprüche geltend gemacht werden sollen, empfiehlt sich die fortlaufende Überwachung der Entwicklung des Rechtsbestandes.
Rechtsbestandsrecherchen sind auch in Zusammenhang mit der Gewährleistung der Rechtsmängelfreiheit (Verletzungsrecherchen) sowie für Lizenznahmen von Bedeutung.

Auftragsannahme

Das Amt für Erfindungs- und Patentwesen übernimmt weltweite bibliographische Recherchen. Die Retrospektivität ist in Abhängigkeit von den im Amt zur Verfügung stehenden Fonds differenziert. Zusammen mit dem Rechercheergebnis wird eine detaillierte Übersicht über die ausgewertete Literatur übergeben.
Bibliographische Recherchen werden vom Amt für Erfindungs- und Patentwesen in den Auftragsvarianten Einzel-, Dauer- und Überwachungsauftrag durchgeführt[2]).
Einzelaufträge sind Grundrecherchen. Sie lösen eine einmalige Bearbeitung aus und umfassen stets einen retrospektiven Zeitraum.
Daueraufträge dienen der periodischen Ermittlung von Schutzrechten oder deren Änderungen. Sie umfassen einen perspektivischen Zeitraum.
Überwachungsaufträge sind auf eine kontinuierlich fortlaufende Bearbeitung gerichtet. Sie dienen der ständigen kurzfristigen Überwachung der Veröffentlichungen von Schutzrechten oder von deren Änderungen. Die Recherche erfolgt jeweils unverzüglich nach Eingang eines neuen Patentblattes im AfEP. Zur Ermittlung von Änderungen im Rechtsbestand von Schutzrechten im Zusammenhang mit der Wahrnehmung von Einspruchsfristen ist diese Auftragsform am besten geeignet.
Die *Auftragserteilung* erfolgt auf dem vom Amt für Erfindungs- und Patentwesen zu beziehenden Auftragsformular „Antrag zur Durchführung von Recherchen nach bibliographischen Daten" oder mit einem formlosen Antrag an die Adresse:

Amt für Erfindungs- und Patentwesen
der DDR
HA Information und Dokumentation
Zentrales Auftragsbüro
Mohrenstraße 37b
Berlin
1080

In dringenden Fällen ist auch eine fernmündliche Auftragserteilung möglich.
Die Bearbeitung der Aufträge erfolgt grundsätzlich innerhalb von 20 Arbeitstagen, bei Eilaufträgen innerhalb von 10 Arbeitstagen, gerechnet vom Eingang des Auftrages beim Amt für Erfindungs- und Patentwesen.
Die Berechnung der *Gebühren* erfolgt auf der Grundlage der „Bekanntmachungen über die Gebühren des im Amt für Erfindungs- und Patentwesen bestehenden Informations- und Recherchezentrums vom 1. Januar 1976", veröffentlicht im Mitteilungsblatt des AfEP Nr. 12/1975.
Rückfragen sind zu richten an das Amt für Erfindungs- und Patentwesen der DDR, Abt. Information und Recherche, Kollegen *Stegemann* (Telefon 2 34 22 06) oder an das Zentrale Auftragsbüro, Kollegin *Kindervater* (Telefon 2 33 49 50).

J. Zimdars, Berlin EA 2280

[1]) Siehe auch Seite 323 in diesem Heft.
[2]) „der neuerer", Berlin 26 (1977) 1, S. 5 und 6

DISSERTATIONEN

Mundt, H.

Beitrag zur stochastischen Bemessung von Transformatoren nach technisch-ökonomischen Kriterien

Dissertation A, IH Wismar 1986
Gutachter:
Prof. Dr. sc. techn. *J. Hoffmann*
Doz. Kand. d. techn. Wiss. *N. A. Deninsenko*/KPI, Kiew
Doz. Dr.-Ing. *P. Schmidt*
Dr.-Ing. *K.-D. Krüger*

Unter Verwendung abbildscharfer und vereinfachter Modelle für das thermische Verhalten von Drehstrom-Öltransformatoren und das Zufallsverhalten ihrer Strombelastung wurde anhand statistischer Charakteristika der Belastungsströme und der Umgebungstemperatur das Zufallsverhalten von Wicklungsheißpunkttemperaturen, der thermischen Isolationsalterung/Lebensdauer und ökonomischer Aufwandskenngrößen für Transformatoren ermittelt und für die Bemessung aufbereitet.
Das Temperaturverhalten wurde durch Zwei- und Sechzehn-Körper-Modelle abgebildet, die Strombelastung sowohl als Zufallsgröße als auch autokorrelierte Zufallsfunktion der Zeit nachgebildet. Umfangreiche Monte-Carlo-Simulationen von Realisierungsensembles der Wicklungsheißpunkttemperatur und relativen thermischen Alterung als Zufallsfunktionen der Zeit erlaubten nicht nur, ihre statistischen Charakteristika zu bestimmen, sondern auch die der Lebensdauer und darüber hinaus Zeitverläufe der thermischen Ausfallquote von Transformatoren zu simulieren.
Mit vereinfachten Modellen gelang die Berechnung von Verteilungsfunktionen der Wicklungsheißpunkttemperatur, der thermischen Lebensdauer und der ökonomischen Aufwandskenngröße auf analytischem Wege.
Die daraus ermittelten stochastischen Belastbarkeitskurven geben die Wertpaare für Mittelwert $\bar{I}$ und Variationskoeffizient $v\,(I)$ des Belastungsstromes an, für die mit

Risikowahrscheinlichkeiten $\leqq 0{,}05$ die Wicklungsheißpunkttemperatur und die thermische Lebensdauer vorgeschriebene Werte über- bzw. unterschreiten.
Die thermische Ausfallquote bleibt dabei kleiner oder gleich der bei derzeit betriebenen Transformatoren. Ähnlich aufgebaute ökonomische Belastbarkeitskurven verbinden die Wertepaare $\bar{I}$ und $v\,(I)$, für welche die Aufwandsgröße mit größter Wahrscheinlichkeit minimal wird.
Die für die Ingenieurpraxis aufbereiteten Ergebnisse sind in einer Projektierungsvorschrift 1.14/4.85 „Stochastische Bemessung von Drehstrom-Öltransformatoren nach technisch-ökonomischen Kriterien" zusammengefaßt, die für das Kombinat Automatisierungsanlagenbau seit 1. 8. 1985 verbindlich ist.

J. Hoffmann, Wismar EA 2259

Bencard, R.

Querschnittsauswahl von Freileitungsseilen bei zufällig variablen Belastungsströmen und Umgebungsbedingungen nach thermischen und ökonomischen Kriterien im fehlerfreien Betrieb

Dissertation A, IH Wismar 1985
Gutachter:
Prof. Dr. sc. techn. *J. Hoffmann*
Doz. Kand. d. techn. Wiss. *N. A. Denisenko*
Doz. Dr.-Ing. *P. Schmidt*
Dr.-Ing. *G. Stegemann*

In der Arbeit werden die zufälligen thermischen Beanspruchungen des Leiterseiles im fehlerfreien Betrieb untersucht. Darüber hinaus erfolgen Risikobetrachtungen und eine ökonomische Bewertung. Bei der Auswahl von Seilquerschnitten für Freileitungen nach TGL 21226 wird vorausgesetzt, daß die Lufttemperatur 35 °C und die Windgeschwindigkeit 0,6 m/s betragen. Für einen maximalen Dauerstrom wird dann der Leiterseilquerschnitt bestimmt. Belastungsströme von Freileitungen sind jedoch in aller Regel weder konstant noch durch determinierte Zeitfunktionen beschreibbar, sondern schwanken zufällig über der Zeit. Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit sind ebenfalls Zufallsfunktionen der Zeit.
Umfangreiche statistische Auswertungen von stündlichen Meßdaten der Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit über 22 Jahre haben für das Territorium der DDR gezeigt, daß keine Koinzidenz der von TGL 21226 vorausgesetzten o.g. Umgebungsbedingungen besteht und somit für die Leiterseile höhere Belastbarkeiten möglich werden. Weiterhin ist der auto- und kreuzkorrelative Zusammenhang der meteorologischen Größen untereinander nicht vernachlässigbar.
Um diesen Zusammenhang uneingeschränkt berücksichtigen zu können, wurden für die Monte-Carlo-Simulation der Seiltemperaturen die Originaldaten entsprechend aufbereitet und verwendet. Zur Monte-Carlo-Simulation der Leiterseiltemperaturen als autokorrelierte Zufallsfunktionen der Zeit anhand der genannten zufälligen Einflußvariablen wurde ein thermisches dynamisches Modell auf der Grundlage einer stochastischen Differentialgleichung konstruiert. Eine Vielzahl von Simulationen für unterschiedliche Belastungsfälle und Seilquerschnitte erfolgten auf einem ESER-Rechner. Sie ergaben Belastbarkeitserhöhungen von 10 bis 30 % bzw. Querschnittsreduzierungen von einer Querschnittsstufe gegenüber derzeit gültigen, deterministisch angelegten Vorschriften.

J. Hoffmann, Wismar EA 2257

Lange, R.

Beitrag zu ingenieur-theoretischen Grundlagen der Plastkabelextrusion unter besonderer Berücksichtigung stochastischer Aspekte

Dissertation A, IH Wismar 1986
Gutachter:
Prof. Dr. sc. techn. *J. Hoffmann*
Prof. Dr.-Ing. habil. *W. Sauer*
Dr.-Ing. *L. Dallwitz*

Bei der Extrusion von Plastkabeln verursachen Überschreitungen der Nennabmessungen von Leitern, Isolierhüllen und gemeinsamen Aderumhüllungen einen Mehrverbrauch an Material für darauf folgende Aufbauelemente, auch wenn diese mit ihren Nennabmessungen gefertigt werden. Der Materialverbrauch wächst mit dem Kabeldurchmesser und wird maßgeblich durch die Kabelkonstruktion und den Arbeitspunkt des Extruders beeinflußt. Andererseits beeinflussen vorrangig Konstruktion und Extruderdaten die Qualität und Zuverlässigkeit des Kabels. In der Dissertation werden für die Plastkabelextrusion relevante Kenn- und Einflußgrößen hinsichtlich ihres Zufallsverhaltens untersucht, deren statistische Charakteristika ermittelt, Funktionsmodelle hergeleitet und die Auswirkungen von Schwankungen des Extruderausstoßes auf die Extrudatwanddicken analysiert. Die Verteilungsfunktionen der Wanddicken von Plasthüllen runder und sektorförmiger Adern, unterschiedlicher Verseilverbände und von Kabelmänteln werden ermittelt und der Einfluß der Abzugsgeschwindigkeit auf die Standardabweichung der Wanddicken bestimmt. Bei Austritt der Plastmasse aus dem Extrusionswerkzeug wurden in Abhängigkeit vom Arbeitsverfahren unterschiedliche Effekte beobachtet und daraus Beziehungen abgeleitet, die eine Bemessung der Werkzeuge ermöglichen. Für die bisher analytisch nicht erfaßten Sektorleiterkabel wird ein Konstruktionsalgorithmus vorgeschlagen. Das Zufallsverhalten der Prozeßvariablen wird durch 3-parametrige Weibullverteilungen beschrieben und ein Verfahren zur Ermittlung ihrer Parameter mit einem Koeffizienten der relativen Asymmetrie angegeben. Verallgemeinerte Zuverlässigkeitsgrößen werden definiert und für ihre Zeitabhängigkeit Modellansätze vorgestellt.

J. Hoffmann, Wismar EA 2258

Bitte erneuern Sie rechtzeitig Ihr Abonnement für die Fachzeitschrift

ELEKTRIE.

Wir freuen uns, daß Sie auch weiterhin zu den ständigen Lesern unserer Publikation gehören.

Die Redaktion

WIR STELLEN VOR

Der wachsenden Nachfrage nach Literatur zu den Schlüsseltechnologien — insbesondere Mikroelektronik, Computertechnik und CAD/CAM — kommt der VEB Verlag Technik unter anderem mit der Herausgabe der neuen Fachzeitschrift

Mikroprozessortechnik

Zeitschrift für Mikroelektronik Computertechnik · Informatik

entgegen.
Anliegen der Zeitschrift ist es, Entwickler und Anwender von Hard- und Software aktuell und umfassend über die Entwicklung und die Applikation mikroelektronischer Bauelemente und Systeme — vorwiegend auf dem Gebiet der Computertechnik — zu informieren.
In Übersichts- und Fachbeiträgen werden neuste Erkenntnisse und Erfahrungen zu folgenden Themen vermittelt:

- Schaltkreisfamilien
- Mikrocomputersysteme
- Entwurfs-, Konstruktions- und Technologenarbeitsplätze (CAD/CAM)
- Expertensysteme
- Rechnernetze
- Computergrafik

sowie zu
Betriebssystemen und Programmiersprachen.
Beispielsweise beginnt im ersten Heft ein Lehrgang über die Programmiersprache C.
Für Informationen über Personal- und Kleincomputer ist eine spezielle Rubrik vorgesehen.
Die Zeitschrift ist für einen großen Leserkreis gedacht, d.h. sowohl für den „Einsteiger" als auch für den Spezialisten. Dementsprechend werden leichtverständliche Einführungsartikel ebenso wie Fachbeiträge mit hohem wissenschaftlichen Niveau veröffentlicht. Mit Neuigkeiten aus der Fachwelt, Tagungsberichten, Rezensionen und weiteren unterschiedlichen Rubriken wird der „Mikroprozessortechnik"-Leser über aktuelle Entwicklungen auf dem Gebiet der Computertechnik informiert.

Die Zeitschrift „Mikroprozessortechnik" erscheint monatlich mit einem Umfang von 32 Seiten, erstmalig im Januar 1987; Preis 5.— Mark.
Abonnements nimmt die Deutsche Post bereits entgegen.

Die Redaktion EA 2279

ZEITSCHRIFTEN

Indikation des Generatorasynchronlaufes mittels Widerstandsmessung an seinen Klemmen

Gamm, B. S.; Tonyschev, V. F.: Električestvo (1986) 1, S. 9—15

Erregungsverluste von Generatoren werden effektiv mit einem den Widerstand messenden Relais ermittelt. Nach dem gleichen Prinzip sind Asynchronlauf-Schutzeinrichtungen entwickelt worden, deren Charakteristiken in diesem Artikel analysiert werden.

Das Asynchronlauf-Indikationsorgan hat die Aufgabe, das Asynchronlaufzentrum in dem Generatorschutzbereich zu fixieren. Liegt das Asynchronlaufzentrum außerhalb des Schutzbereiches vom Generatorschutz, muß jener Asynchronlauf von der Systemautomatik zur Unterbrechung des Asynchronlaufes auf Leitungen beseitigt werden.

Die Untersuchungen ergaben, daß Fehlauslösungen des Asynchronlaufschutzes mit Widerstandsrelais am wahrscheinlichsten bei unsymmetrischen Kurzschlüssen auftreten, insbesondere, wenn sich das Verhältnis der Generatorwiderstände von der Gegen- zur Mitkomponente sehr stark von dem entsprechenden Verhältnis der Äquivalenzwiderstände des Netzes unterscheidet. Der Ansprechbereich des Widerstandsrelais ist praktisch identisch mit dem auf der Basis des absoluten Polradwinkels. In unterregten Normalregimen spricht dieser Asynchronlaufschutz praktisch nicht an. Die rechnergestützten Untersuchungen bestätigen eine gute Selektivität gegenüber starken synchronen Langzeitpendelungen und unsymmetrischen Kurzschlüssen.

Der Fehlauslösungsbereich in der komplexen Widerstandsebene bei synchronen Pendelungen und entfernten unsymmetrischen Kurzschlüssen kann merklich verkleinert werden, wenn die Ansprechzone für den Asynchronlauf in dem 4. Quadranten lokalisiert wird.

E. Broßmann, Berlin EA 2162

Messung von Blitzströmen am Fernsehturm von Ostankino

Gorin, B. N.; Skilev, A. V.: Električestvo, Moskva o. Jg. (1984) 8, S. 64—65

Die Ergebnisse weiterer Messungen der Blitzströme bei Einschlägen in den Moskauer Fernsehturm werden analysiert.

Die Meßanordnung besteht aus einer isoliert angebrachten Fangstange auf der Turmspitze, von der über ein Hochspannungskabel über einen Meßwiderstand von 0,4 Ω (geschützt durch einen parallel angeordneten Überspannungsableiter) die Signale über ein Niederspannungskabel einem Impuls- und einem Schleifenoszillografen zugefügt werden. Das Bild des schnellen Anfangsverlaufes im Mikrosekundenbereich wird vom Impulsoszillografenschirm angezeigt und automatisch fotografiert. Der Schleifenoszillograf zeichnet den Langzeitstrom auf. Der Triggerstrom ist auf 0,5 kA festgelegt. Außerdem wird im Turmschaft mittels Rogowskispulen und Rahmenantennen die Blitzstromverteilung untersucht. Die Triggerbereitschaft und Einschaltung aller Systeme wird über Signale des Blitzwarnsystems, das Koronaentladungen überwacht, bewirkt.

Tafel 1. Blitzstromscheitelwerte (Frontdauer 1/10 bis 5 μs)

Ort	Amplitude negativer Aufwärtsblitze 90 %-Wert	50 %-Wert	10 %-Wert	n
in 533 m Höhe (7 m unter Spitze)	4 kA	9 kA	19 kA	58
in 47 m Höhe	4 kA	18 kA	40 kA	76
zum Vergleich, Werte aus der Schweiz	4,2 kA	10 kA	25 kA	

Tafel 2. Dauerstrom (Langzeitstrom)

Kenngröße	Typ*)	n	90 %-Wert	50 %-Wert	10 %-Wert
max. Dauerstrom	2a	54	36 A	146 A	518 A
	2b	20	100 A	300 A	800 A
Ladung	2a	54	2,1 C	5,7 C	21,7 C
	2b	20	3,5 C	10 C	40 C
Dauer	2a	54	7 ms	114 ms	176 ms
	2b	20	10 ms	220 ms	430 ms

*) Typ 2a: Einkomponententyp ohne Impulse
Typ 2b: Mehrkomponententyp mit Impulsen überlagert

Folgende Ergebnisse wurden in 2 Jahren ermittelt:

Fast alle Blitze waren Aufwärtsblitze (75 negativ, 9 positiv, 6 bipolar), deren Blitzstromparameter mit den früher in der Schweiz gemessenen gut übereinstimmen. Als bemerkenswertes Ergebnis wurde festgestellt, daß die gemessenen Impulsströme am Turmfuß größer als an der Spitze sind (Reflexion der Stromwelle am niedrigen Erdungswiderstand ($< 0{,}1\ \Omega$) und Reflexion der Spannungswelle an der Turmspitze am hohen Blitzkanalwiderstand ($> 600\ \Omega$). Dieser Umstand ist beim Schutz hoher Objekte bezüglich der Blitzstrombeeinflussung zu berücksichtigen.

W. Naumann, Dresden EA 2163

Asynchronosierte-synchron-Generatoren für Windkraftwerke

Schapiro, L. A.; Astorga, V. I.: Isv. AN SSSR Energetika i transport (1986) 2, S. 162—167

Die asynchronisierten-synchron (AS)-Generatoren vereinigen die Vorteile der Synchron- und Asynchrongeneratoren. Sie arbeiten in einem breiten Drehzahlbereich am Netz mit konstanter Netzfrequenz und können Blindleistung erzeugen und aufnehmen. Mit ihnen wird eine Drehzahlstabilisierung überflüssig. Mittels der Auswahl einer optimalen Regelung der Läuferstromfrequenz des AS-Generators kann praktisch eine beliebige Belastungscharakteristik realisiert und somit eine hohe Arbeitsverfügbarkeit abgesichert werden. Unter Arbeitsverfügbarkeit wird hier das Verhältnis der erzeugten Elektroenergie zur theoretisch möglichen bei ununterbrochenem Betrieb mit der installierten Leistung in dem betrachteten Zeitabschnitt verstanden.

Es wurden praktische Versuche mit AS Generatoren an einem horizontalen Windrad mit drei Blättern durchgeführt, welches einen Radius von 20 m und feste Blatteinstellungen aufweist. Die gewählte Windradvariante zeichnet sich durch einen hohen Windkraft-Ausnutzungskoeffiziten und ausreichend großen Drehzahlen aus, die gegebenenfalls ein Getriebe erübrigen.

Die Berechnungen für zwei Windzonen ergaben, daß das betrachtete Windkraftwerk mit einem AS-Generator einer Leistung von 200 bis 5000 kVA in einem Drehzahlbereich von 20 bis 90 U/min, welches Windgeschwindigkeiten von 4 bis 26 m/s entspricht, betrieben werden kann. In der ersten betrachteten Windzone mit relativ stabilen Windgeschwindigkeiten wurde eine Arbeitsverfügbarkeit des Windkraftwerkes mit AS-Generatoren von 0,25 bis 0,34 errechnet.

E. Broßmann, Berlin EA 2264

Diagnostik des Zustandes von Erregungssystemen leistungsstarker Turbogeneratoren

Naumov, V. F.; Ljuborskij, V. G.: Električeskie stancii (1985) 11, S. 38—41

Die ständig komplizierter werdenden Erregungssysteme von leistungsstarken Turbogeneratoren mit Halbleiterbauelementen und Thyristorgleichrichtersystemen erfordern moderne Kontroll- und Diagnostiksysteme zur Gewährleistung einer entsprechenden Betriebszuverlässigkeit.

Die Analyse der Erregungssystemstörung ergab, daß der Umfang der Kontroll- und Reservesysteme in den heute eingesetzten Erregungssystemen nicht ausreichend ist. Vorrangig sind Diagnostiksysteme für das Regelsystem der Thyristorgleichrichter notwendig. Außerdem muß das Vorhandensein von Strom in allen Zweigen der Thyristorgleichrichter ununterbrochen kontrolliert werden.

Für Turbogeneratoren ab 1000 MW mit bürstenlosem Erregungssystem sollten die Diagnostikeinrichtungen für die Thyristorgleichrichter und des automatischen Erregungsreglers dupliert sein (Haupt- und Reservesystem). Außerdem sind für die turnusmäßigen Überprüfungen und die Störungssuche von Erregungssystemen leistungsstarker Turbogeneratoren Diagnosegeräte zu entwickeln. Damit werden die zyklischen Überprüfungen beschleunigt, ihre Kosten gesenkt, und es können die unproduktiven Brennstoffverluste für die sonst notwendige Leerlauffahrt des Generators zu Überprüfungszwecken vermieden werden.

E. Broßmann, Berlin EA 2160

BUCHBESPRECHUNGEN

Analoge Systeme (Grundlagen)

Von *G. Wunsch* und *H. Schreiber*

Berlin: VEB Verlag Technik, 1. Auflage 1985. 236 Seiten, 220 Bilder, 7 Tafeln, Leinen, 18,— Mark. Bestell-Nr. 553 449 5

Der zu besprechende Titel ist — zeitlich gesehen — der „Schlußstein" einer Trilogie „Analoge, digitale und stochastische Systeme" als Weiterführung eines früheren dreibändigen Werkes „Systemanalyse".

Neue Aspekte bestehen darin, daß außer einer verallgemeinerten Darstellung des Transformationsbegriffes sowohl der Zugang über die Algebra als auch die Zustandsbeschreibung betont vorgestellt werden. Zusätzlich wurden gesetzmäßige Beschreibungen für nichtlineare Systeme aufgenommen.

Diese Zielstellung haben die Autoren mit der Gliederung

- Mathematische Grundlagen (Signalbeschreibung, lineare Signalräume)
- Nichtlineare Systeme (Systeme ohne und mit Speicher)
- Lineare Systeme (Zustandsdarstellung, Systeme im Nullzustand, Systeme diskreter Zeit) und
- Netzwerke (Grundgleichungen, lineare Netzwerke)

realisiert. Zum Vertrautwerden mit dem anspruchsvollen Inhalt werden, wohl abgestimmt, 79 Übungsaufgaben mit Lösungen beigegeben. Grundsätzlich bevorzugen dabei die Autoren eine abstrakt-mathematische Darstellung, die aber durch vergleichsweise einfache Beispiele didaktisch geschickt aufgelockert wird. Deutlich ist in der Abfassung auch das deduktive Vorgehen zu erkennen, d. h. das Besondere wird oft vom Allgemeinen abgeleitet. So ist es verständlich, daß die praktisch sehr wichtige Systemklasse „Netzwerke" nur vergleichsweise kurz — auf 21 Seiten — abgehandelt wird. Eine zentrale Stellung nehmen die linearen, zeitinvarianten, kausalen Systeme — beschrieben durch gewöhnliche Differential- oder Differenzengleichungen — ein. Besonders nützlich werden die wiederholt eingestreuten verbalen Hinweise bezüglich der „Verwandtschaft" der verschiedenen Systemmodelle (u. a. statistisches System ↔ kombinatorischer Automat, dynamisches System ↔ sequentieller Automat) eingeschätzt. Eine Weiterführung im Sinne einer noch besseren „Bildungsökonomie" könnte darin bestehen, dazu mehr Details, wie z. B. die konsequente Gegenüberstellung von kontinuierlichen und (zeit)diskreten Systemen, die Einführung von Signalflußgraphen zur gemeinsamen Kennzeichnung von Analogrechner- und Digitalrechner-Strukturen mitzuteilen.

Da die Autoren mehrfach auf den umfassenden Begriff „Systemtheorie" Bezug nehmen, werden — zumindest deutliche Hinweise — auf den Wert „idealisierter oder schematisierter" Systeme vermißt, die grundsätzlich nicht durch Differential- bzw. Differenzengleichungen beschrieben werden können, aber zur „näherungsweisen Beschreibung komplizierter Systeme" und zur Gewinnung von Kennwertbeziehungen (z. B. Reziprozität von Bandbreite und Impulsdauer) sehr vorteilhaft sind.

Da es in der Wissenschaft stets „nichts Praktischeres als eine gute Theorie" geben wird, spricht das Buch zunächst für sich selbst. Außerdem hat uneingeschränkt die bereits zum Band „Digitale Systeme" in Nachrichtentech., Elektron. 33 (1983) 3, S. 130, formulierte Feststellung: „Wer sich ... für theoretische Grundbezüge und Hintergründe interessiert..., wird aus der Lektüre dieses Buches Nutzen ziehen und Anregungen für eigene weiterführende Studien erhalten" volle Gültigkeit.

G. Fritzsche, Dresden EA 2295

Optimierung dynamischer Systeme Eine Einführung für Ingenieure

Von *O. Föllinger*. München, Wien: R. Oldenbourg Verlag 1985. Reihe Methoden der Regelungstechnik. 392 Seiten, 96 Bilder, 7 Tefaln, 16 Übungsaufgaben. Broschur

Welche ökologisch optimale Fischfangstrategie sichert langfristig den höchsten Ertrag? Welcher Werbeaufwand für ein Produkt ist ökonomisch optimal? Wie ist energieoptimal das Drehmanöver eines Raumfahrzeuges auszuführen? Dies sind nur einige wenige Fragestellungen, die der Autor gewählt hat, um dem mit der Optimierung dynamischer Systeme beschäftigten Ingenieur die Methodik beim Entwurf optimaler Steuerungen und Regelungen zu verdeutlichen. Dazu läßt es sich der Autor auch nicht nehmen, das Brachistochronenproblem, das bei der Behandlung mechanischer Aufgaben bereits Ende des 17. Jahrhunderts formuliert wurde, im oben genannten Sinn ausführlich darzustellen. Das war damals eine Frage, die nicht nur zu einem heftigen Streit zwischen den Gebrüdern *Bernoulli* führte, sondern auch zur Behandlung von Variationsproblemen. Für deren Lösung stellte die Euler-Lagrangesche-Differentialgleichung eine notwendige Bedingung dar. Hinreichend ist darüber hinaus jedoch die Beachtung von Nebenbedingungen und der Autor kommt zur Herleitung der Hamilton-Gleichungen und der Transversalitätsbedingungen des Optimierungsproblems. Unter den Bedingungen der Zeitvarianz wird die Bestimmung des optimalen Regelungsgesetzes aus der Riccati-Gleichung beschrieben und die praktische Nutzung in einer rechnerintegrierten Regeleinrichtung als lernendes System angedeutet. Die Grenzen dieser klassischen Lösungsmethode, die bei der Berücksichtigung von Beschränkungen des Steuer- oder Zustandsvektors sichtbar sind, werden anschließend aufgezeigt und für den Fall, daß nur Beschränkungen der Steuergrößen auftreten, die Zustandsvariablen aber unbeschränkt gelten, das Maximumprinzip von *Pontrjagin* erläutert und auf zeitoptimale Regelungen angewendet. Für den eingeschränkten Fall der Optimierung dynamischer Systeme wird dem die Methode der dynamischen Programmierung von *Bellmann* gegenübergestellt.

Das Buch ist geeignet, aus der Anwendersicht Zugang zu dem theoretisch anspruchsvollen Gebiet der Optimierung zu finden, was sich nicht nur auf technische Aufgabenstellungen bezieht. Erleichtert wird dies durch die ausführliche, beispielhaft untersetzte Darstellung wesentlicher Gesichtspunkte, wobei sich die mathematische Strenge der Darstellung auf ein notwendiges Maß beschränkt.

R. Mangelsdorf, Magdeburg EA 2284

Physik des Ultraschalls

Von *V. A. Sutilov*. Aus dem Russischen. Berlin: Akademie-Verlag 1984. 274 Seiten 73 Bilder, 22 Tafeln. Kunstleder 45,— Mark

Ultraschall findet in zunehmendem Maße Anwendung. Neben den bekannten Applikationen in der Medizin, Technik und festkörperphysikalischen Forschung soll vor allem die Tendenz des Einsatzes von Sensoren bei der Prozeßsteuerung genannt werden.

Die Beschäftigung mit Ultraschall erfordert auch die Beherrschung der physikalischen Grundlagen. Dazu bietet das vorliegende Buch eine gute Grundlage, das auf Vorlesungen im Kurs „Physikalische Akustik" der Leningrader Staatlichen Universität basiert.

Eingangs werden die Grundgleichungen der Elastizitätstheorie dargelegt, wobei die Spannungs- und Deformationssensoren und deren Beziehungen für ein- und polykristalline Materialien sowie die entsprechenden Moduln abgeleitet werden. Dieses Kapitel ist für das Verständnis nachfolgender Ausführungen über die Ausbreitung von Ultraschallwellen in Flüssigkeiten und Gasen wichtig, da hierin auch die Symbolik zum großen Teil festgelegt wird. Die Wellengleichungen werden zum einen für Flüssigkeiten und Gase und zum anderen für Festkörper abgeleitet. Die Ausbreitung ebener Wellen mit unendlich kleiner und mit endlicher Amplitude werden in getrennten Kapiteln erläutert, womit den beiden Anwendungsgebieten des Ultraschalls, nämlich in der Informationsverarbeitung und als Leistungsschall entsprochen wird. Unter der Wirkung des Strahlungsdrucks werden solche Effekte, wie Teilchensuspension und Ultraschallwind behandelt. Ein besonderes Kapitel ist der Kavitation gewidmet. Fernerhin werden Reflexion, Brechung und Streuung sowie der Durchgang ebener Wellen durch Schichten einschließlich der Schallabstrahlung behandelt.

Die Ableitungen zur Ultraschallausbreitung im isotropen Festkörper und in Einkristallen sind für Festkörperphysiker von besonderem Interesse, zumal für alle 7 Kristallsysteme Tabellen mit den Schallwellenwiderständen und den elastischen Konstanten für viele Elemente und Verbindungen angegeben werden.

Der Güte der drucktechnischen Ausführung des Buches steht allerdings stellenweise ein Stil gegenüber, dem die der deutschen Sprache angepaßte Übersetzungsbearbeitung fehlt. Das Buch ist neben Studenten physikalischer und technischer Fachrichtungen auch Physikern und Technikern in der Forschung zu empfehlen.

H.-D. Tietz, Zwickau EA 2282

Documentation

Kaschel, I.; Müller, V.; Stoev, A.: **Driving a Six Pulse Rectifier through an 8-Bit Microprocessor**

ELEKTRIE, Berlin 40 (1986) 9, pp. 325—328, 2 Figs., 5 Refs.

A gigital drive of a six pulse rectifier through an 8-bit microprocessor is described. This drive is able to output exactly the control media, computed by a dead-beat current regulator locked to mains-frequency, and corresponding to the next-possible moment. By this means the condition of a precise and high-dynamical speed regulation with underimposed digital current regulation may be worked out. Finally, testing results are represented.

Weßnigk, K.-D.: **Physical Causes of Developin gInner Overcurrents**

ELEKTRIE, Berlin 40 (1986) 9, pp. 329—332, 13 Figs., 4 Equations, 4 Refs.

Starting from a classification of the overcurrents into outer and inner overcurrents the physical causes of developing transient and temporal overcurrents are illustrated by simple equivalent circuits. The principal instataneous values behaviour of some overcurrents is discussed. In some examples it is hinted to the importance in relation of the thermal and mechanical dimensioning as well as of the designing of the protection.

Kiank, H.: **Strategic Model of Planning 110 kV Transformer Stations**

ELEKTRIE, Berlin 40 (1986) 9, pp. 332—337, 9 Figs., 10 Equations, 9 Refs.

A planning model of position selecting and designing 110 kV transformer stations with consideration of uncertain input data in non-restrictive processing the supply reliability is represented. The decision process of the model, illustrated by a simple example of an 110 kV network, guarantees a low economical risk already in the planning state.

Muschick, E.: **Discoveries of Fundamentals of the Transmission Techniques of Electric Energy until 1883 and First Decisions of Its Application**

ELEKTRIE, Berlin 40 (1986) 9, pp. 338—339, 2 Figs., 1 Table, 7 Refs.

This contribution describes not only the fundamental discoveries of the transmission of electric energy, but also discusses the decision situations respectively the taken decisions.

Krawczack, L.; Odin, A.: **Influence of the Harmonic Content on the Systematic Error of A. C. Voltmeters with Rectifier Modules**

ELEKTRIE, Berlin 40 (1986) 9, pp. 340—343, 2 Figs., 4 Tables, 8 Equations

The measurement of the root mean square of non-linear distorted alternating voltage signals through measuring instruments with rectifier modules results in non-detected systematic errors, the dimension of which is determined not only by the distortion factor, but also by the phase relation of the harmonics, substantially. This problem is studied theoretically and experimentally. The results provide for partially new knowledges of the measuring engineering.

Biesenack, H.: **Influence of the Control Reactance on Designing and Operating Behaviour of Speed Regulated Asynchronous Motors**

ELEKTRIE, Berlin 40 (1986) 9, pp. 343—344, 6 Figs., 4 Equations, 3 Refs.

In using voltage inverters for speed regulation of asynchronous motors a high control reactance is desired to limiting the currents, which must be commutated. To optimizing the three-phase drive with regard to decreasing the series reactor, especially, increasing the control reactance of the asynchronous machine would be favourable. In addition to this some possibilities are discussed.

Steinbach, H.: **Non-Contacting Temperature Measuring at Rotating Parts of Electric Machines**

ELEKTRIE, Berlin 40 (1986) 9, pp. 345—346, 3 Figs., 3 Equations, 4 Refs.

The non-contacting temperature measuring at rotating parts of electric machines is a possibility of studying the heating behaviour during operation. Testing results of determining the emission degrees of the commutator and the winding head of motor fan units of floor vacuum cleaners are represented. Moreover the non-contacting temperature measuring may be used to studying the heat contact resistance winding-iron.

Документация

Кашель, Й.; Мюллер, В.; Стоев, А.: Управление шестифазным выпрямителем при помощи 8-разрядного микропроцессора

ELEKTRIE, Берлин 40 (1986) 9, стр. 325—328, 2 рис., 5 лит.

Дается описание цифрового управления шестифазным выпрямителем при помощи 8-разрядного микропроцессора. Данное управление обеспечивает выдачу с высокой точностью и в ближайший для тактированной системы момент величин установки, определяемых регулятором тока, работающим в синхронизме с сетью. Тем самым создется условие для точного и крайне динамичного регулирования скорости вращения на основе цифрового регулирования тока. В заключение представляются результаты проведенных испытаний.

Весник, К.-Д.: Физические причины возникновения внутренних сверхтоков

ELEKTRIE, Берлин 40 (1986) 9, стр. 329—332, 13 рис., 4 уравн., 4 лит.

Основываясь на классификации сверхтоков в виде внешних и внутренних сверхтоков, поясняются физические причины возникновения переходных и временных сверхтоков на примере простых эквивалентных схем. Обсуждается принципиальная характеристика мгновенного зачения для нескольких сверхтоков, на основе нескольких примеров указывается их значение для термического и механического расчета, а также для оформления защиты.

Кианк, Х.: Статегическая модель для планирования трансформаторных подстанций 110 кВ

ELEKTRIE, Берлин 40 (1986) 9, стр. 332—337, 9 рис., 10 уравн., 9 лит.

Представляется модель планирования для выбора места установки и проектирования трансформаторных подстанций 110 кВ с учетом неизвестных входных данных при неограниченной обработке информации о надежности энергоснабжения. Подход к принятию решения в рамках указанной модели, представленный на упрощенном примере сети 110 кВ, обеспечивает незначительный экономический риск еще на стадии планирования.

Мушик, Х.: Открытия в области основ техники передачи электроэнергии до 1883 года и первые решения по ее применению

ELEKTRIE, Берлин 40 (1986) 9, стр. 338—339, 2 рис., 1 табл., 7 лит.

В докладе не только дается описание основных открытий в области передачи электроэнергии, но и рассматриваются ситуации, требовавшие принятия решений и соответствующие принятые решения.

Кравщак, Л.; Один, А.: Влияние коэффициента гармоник на систематическую ошибку измерительных приборов переменного напряжения на выпрямительных узлах

ELEKTRIE, Берлин 40 (1986) 9, стр. 340—343, 2 рис., 4 табл., 8 уравн.

Измерение эффективного значения сигналов переменного напряжения с нелинейными искажениями при помощи измерительных приборов на выпрямительных узлах дает неучтенные систематические ошибки, величина которых определяется не только коэффициентом нелинейных искажений, но в существенной мере и положением по фазе высших гармоник. Данная проблема рассматривается в теоретическом и экспериментальном планах. Результаты дают частично новые познания в области измерительной практики.

Бизенак, Х.: Влияние реактивности рассеяния на расчет и рабочую характеристику асинхронных двигателей с регулированием скорости вращения

ELEKTRIE, Берлин 40 (1986) 9, стр. 343—344, 6 рис., 4 уравн., 3 лит.

В случае применения инверторов напряжения для регулирования скорости вращения асинхронных двигателей желательно наличие большого значения реактивности рассеяния в целях ограничения коммутируемых токов. Для оптимизации трехфазного привода, в частности относительно уменьшения добавочной индуктивности, повышение реактивности рассеяния асинхронного двигателя оказалось бы удобным. Обсуждаются несколько возможностей в этом плане.

Штайнбах, Х.: Бесконтактное измерение температуры вращающихся деталей электрических машин

ELEKTRIE, Берлин 40 (1986) 9, стр. 345—346, 3 рис., 3 уравн., 4 лит.

Бесконтактное измерение температуры вращающихся деталей электрических машин обеспечивает возможность исследования характеристики погрева в процессе эксплуатации. Представляются результаты испытаний по определению эмиссионной способности коммутатора и лобовой части обмотки вентиляторно-двигательного блока напольных электропылесосов. Помимо этого, бесконтактное измерение температуры может использоваться и для исследования сопротивления теплоперехода между обмоткой и ядром.

Dokumentation

Kaschel, J.; Müller, V.; Stoev, A.: **Ansteuerung eines Sechspulsgleichrichters durch einen 8-Bit-Mikroprozessor**

ELEKTRIE, Berlin 40 (1986) 9, S. 325—328, 2 Bilder, 5 Lit.

Es wird die digitale Ansteuerung eines 6-Puls-Gleichrichters durch einen 8-bit-Mikrorechner beschrieben. Diese Ansteuerung ist in der Lage, die von einem netzsynchron arbeitenden Dead-beat-Stromregler berechneten Stellgrößen exakt und entsprechend dem getakteten System zum nächstmöglichen Zeitpunkt auszugeben. Damit kann die Voraussetzung für eine genaue und hochdynamische Drehzahlregelung mit unterlagerter digitaler Stromregelung geschaffen werden. Abschließend werden Versuchsergebnisse vorgestellt.

Weßnigk, K.-D.: **Physikalische Ursachen des Entstehens innerer Überströme**

ELEKTRIE, Berlin 40 (1986) 9, S. 329—332, 13 Bilder, 4 Gln., 4 Lit.

Ausgehend von einer Klassifizierung der Überströme in äußere und innere Überströme wurden die physikalischen Ursachen des Entstehens transienter und zeitweiliger Überströme an einfachen Ersatzkreisen erläutert. Der prinzipielle Momentanwertverlauf einiger Überströme wird diskutiert und an einigen Beispielen auf die Bedeutung für die thermische und mechanische Bemessung sowie für die Auslegung des Schutzes hingewiesen.

Kiank, H.: **Strategisches Modell zur Planung von 110-kV-Umspannwerken**

ELEKTRIE, Berlin 40 (1986) 9, S. 332—337, 9 Bilder, 10 Gln., 9 Lit.

Es wird ein Planungsmodell zur Standortwahl und Gestaltung von 110-kV-Umspannwerken unter Berücksichtigung ungewisser Eingangsdaten bei nicht restriktiver Verarbeitung der Versorgungszuverlässigkeit vorgestellt. Der an einem vereinfachten 110-kV-Netzbeispiel dargestellte Entscheidungsablauf des Modells garantiert ein geringes ökonomisches Risiko bereits im Planungsstadium.

Muschik, E.: **Entdeckungen von Grundlagen der Übertragungstechnik von Elektroenergie bis 1883 und erste Entscheidungen ihrer Anwendung**

ELEKTRIE, Berlin 40 (1986) 9, S. 338—339, 2 Bilder, 1 Tafel, 7 Lit.

Der Beitrag beschreibt nicht nur die grundlegenden Entdeckungen der Elektroenergieübertragung, sondern geht auch auf die Entscheidungssituation bzw. die getroffenen Entscheidungen ein.

Krawczack, L.; Odin, A.: **Einfluß des Oberwellengehaltes auf den systematischen Fehler von Wechselspannungsmeßgeräten mit Gleichrichterbaugruppen**

ELEKTRIE, Berlin 40 (1986) 9, S. 340—343, 2 Bilder, 4 Tafeln, 8 Gln.

Die Messung des Effektivwertes nichtlinear verzerrter Wechselspannungssignale durch Meßgeräte mit Gleichrichterbaugruppen führt zu nichterfaßten systematischen Fehlern, deren Größe nicht allein durch den Klirrfaktor, sondern sehr wesentlich durch die Phasenlage der Oberwellen bestimmt wird. Dieses Problem wird theoretisch und experimentell untersucht. Die Ergebnisse führen zu teilweise neuen Erkenntnissen in der meßtechnischen Praxis.

Biesenack, H.: **Einfluß der Streureaktanz auf Auslegung und Betriebsverhalten drehzahlgestellter Asynchronmotoren**

ELEKTRIE, Berlin 40 (1986) 9, S. 343—344, 6 Bilder, 4 Gln., 3 Lit.

Bei Einsatz von Spannungswechselrichtern zur Drehzahlstellung von Asynchronmotoren ist eine große Streureaktanz erwünscht, um die zu kommutierenden Ströme zu begrenzen. Zur Optimierung des Drehstromantriebes insbesondere im Hinblick auf eine Verkleinerung der Vorschaltdrossel wäre eine Erhöhung der Streureaktanz der Asynchronmaschine günstig. Einige Möglichkeiten hierzu werden diskutiert.

Steinbach, H.: **Berührungslose Temperaturmessung an rotierenden Teilen elektrischer Maschinen**

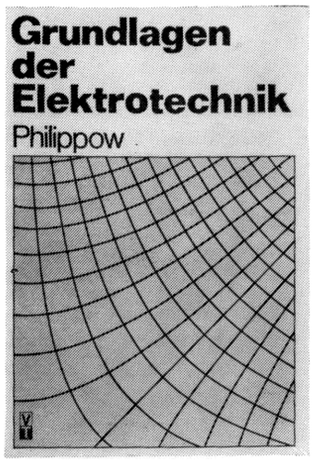
ELEKTRIE, Berlin 40 (1986) 9, S. 345—346, 3 Bilder, 3 Gln., 4 Lit.

Die berührungslose Temperaturmessung an rotierenden Teilen elektrischer Maschinen ist eine Möglichkeit, das Erwärmungsverhalten während des Betriebes zu untersuchen. Es werden Versuchsergebnisse zur Bestimmung des Emissionsgrades des Kommutators und des Wickelkopfes an Motorgebläseeinheiten für Bodenstaubsauger dargestellt. Außerdem kann die berührungslose Temperaturmessung zum Untersuchen des Wärmeübergangswiderstandes Wicklung — Eisen genutzt werden.

ELEKTRIE

Herausgeber	Kammer der Technik, Fachverband Elektrotechnik
Verlag	VEB Verlag Technik DDR-1020 Berlin, Oranienburger Str. 13/14 Telegrammadresse: Technikverlag Berlin Telefon: 28700; Telex: 011222 8 techn. dd
Verlagsdirektor	Dipl.-Ing. *Klaus Hieronimus*
Redaktion	Dr.-Ing. *Klaus Heide*, Verantwortlicher Redakteur (Telefon: 2870345)
Lizenz-Nr.	1100 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik
Gesamtherstellung	III/18/328 Messedruck Leipzig, BT Borsdorf 7122 Borsdorf
Gestalter	*Eckhardt Natorp* (Telefon: 2870287)
Anzeigenannahme	Für Bevölkerungsanzeigen alle Anzeigenannahmestellen in der DDR, für Wirtschaftsanzeigen der VEB Verlag Technik, 1020 Berlin, Oranienburger Str. 13/14, PSF 201 Anzeigenpreisliste Nr. 7 Auslandsanzeigen: Interwerbung GmbH, DDR-1157, Berlin, Hermann-Duncker-Str. 89
Erfüllungsort und Gerichtsstand	Berlin-Mitte. Der Verlag behält sich alle Rechte an den von ihm veröffentlichten Aufsätzen und Abbildungen, auch das der Übersetzung in fremde Sprachen, vor. Auszüge, Referate und Besprechungen sind nur mit voller Quellenangabe zulässig.
AN (EDV)	6730
Erscheinungsweise Heftpreis	monatlich 1 Heft 2,50 M, Abonnementpreis vierteljährlich 7,50 M. Auslandspreise sind den Zeitschriftenkatalogen des Außenhandelsbetriebes BUCHEXPORT zu entnehmen.
Bezugsmöglichkeiten	
DDR	sämtliche Postämter
SVR Albanien	Direktorije Quendrore e Perhapjes dhe Propaganditit te Librit Rruga Konference e Pezes, Tirana
VR Bulgarien	Direkzia R. E. P., 11a, Rue Paris, Sofia
VR China	China National Publications Import and Export Corporation, West Europe Department, P. O. Box 88 Beijing
ČSSR	PNS – Ústřédni Expedicia a Dovoz Tisku Praha, Slezská 11, 12000 Praha 2 PNS, Ústredna Expedicia a Dovoz Tlače, Pošta 022, 88547 Bratislava
SFR Jugoslawien	Jugoslovenska Knjiga, Terazije 27, Beograd; Izdavačko Knjižarsko Produzeće MLADOST, Ilica 30, Zagreb
Koreanische DVR	CHULPANMUL Korea Publications Export & Import Corporation, Pyongyang
Republik Kuba	Empresa de Comercio, Exterior de Publicationes, O'Reilly No. 407, Ciudad Habana
VR Polen	C. K. P. i. W. Ruch, Towarowa 28, 00-958 Warszawa
SR Rumänien	D. E. P. Bucaresti Piata Scinteii, Bucaresti
UdSSR	Städtische Abteilungen von Sojuzpečat' oder Postämter und Postkontore
Ungarische VR	P. K. H. I., Külföldi Elöfizetési Osztály, P. O. Box 16, 1426 Budapest
SR Vietnam	XUNHASABA 32, Hai Ba Trung, Hà Nội
BRD und Berlin (West)	ESKABE Kommissions-Grossobuchhandlung, Postfach 36, 8222 Ruhpolding/Obb.; Helios Literatur-Vertriebs-GmbH, Eichborndamm 141 – 167, Berlin (West) 52; Kunst und Wissen Erich Bieber OHG, Postfach 46, 7000 Stuttgart 1; Gebrüder Petermann, BUCH + ZEITUNG INTERNATIONAL, Kurfürstenstraße 111, Berlin (West) 30
Österreich	Helios Literatur-Vertriebs-GmbH & Co. KG, Industriestraße B 13, 2345 Brunn am Gebirge
Schweiz	Verlagsauslieferung Wissenschaft der Freihofer AG, Weinbergstr. 109, 8033 Zürich
Alle anderen Länder	örtlicher Fachbuchhandel; BUCHEXPORT Volkseigener Außenhandelsbetrieb der Deutschen Demokratischen Republik, DDR-7010 Leipzig, Postfach 160; und Leipzig Book Service, DDR-7010 Leipzig, Talstraße 29

Zur Zeit noch im Fachbuchhandel erhältlich



Grundlagen der Elektrotechnik

Dieses Hochschullehrbuch führt in anschaulicher Weise in die Grundlagen und Berechnungsverfahren der theoretischen Elektrotechnik ein. Der Autor begnügt sich nicht damit, den Zusammenhang abstrakt mathematisch darzustellen, sondern führt die Verfahren bis zur konkreten Berechnung. Mit zahlreichen numerischen Verfahren der Feldberechnung und heute besonders aktuell gewordenen Verfahren (wie z. B. die Monte-Carlo-Methode) geht er speziell auf die Bedürfnisse des Ingenieurs ein.

Nach der Theorie der Felder wird der Mechanismus der Stromleitung behandelt. Die Wechselstromtechnik sowie die Berechnung beliebiger linearer Netzwerke und Ausgleichsvorgänge schließen sich an. Dabei werden auch die wichtigsten Grundlagen der Vierpoltheorie gebracht.

Von Prof. Dr. sc. techn. Dr. techn. h. c.
Eugen Philippow.
7., durchgesehene Auflage.
984 Seiten, 674 Bilder, 11 Tabellen, Leinen,
DDR 51,— M, Ausland 58,— DM.
Bestellangaben: 5529434/Philippow, Elektrotechnik

Fertigungsverfahren in der Gerätetechnik

Dementsprechend werden im vorliegenden Buch die Fertigungsverfahren zur Herstellung feinmechanischer, optischer, elektronischer und z. T. auch elektrischer Funktionsgruppen behandelt. Neuere Verfahren werden besonders ausführlich dargestellt, ebenso Probleme der Genauigkeitsfertigung.
Das Buch ist sowohl als Lehrbuch für Hoch- und Fachschulen als auch als Fachbuch für Technologen, Konstrukteure und Mitarbeiter in Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen auf dem Gebiet der Gerätetechnik und verwandten Gebieten geeignet. Es sind zahlreiche Hinweise zur Anwendung der Verfahren enthalten. Ein umfangreiches Literaturverzeichnis erleichtert das tiefere Eindringen in spezielle Gebiete. Wenn auch das Buch für den Gerätetechniker geschrieben wurde, so bezieht es sich vielfach auch auf die Kleinteil- und Genauigkeitsfertigung. Damit erweitert sich der Leserkreis über den im Buchtitel genannten Rahmen hinaus.
In der vorliegenden Auflage sind alle modernen Verfahren enthalten; Abschnitte über Schweißen von Plasten (Kunststoffen) und Kristallzucht wurden neu aufgenommen.

Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. Franz Grünwald.
2., stark bearbeitete Auflage.
576 Seiten, 424 Bilder, 116 Tafeln, Leinen,
DDR 48,— M, Ausland 62,— DM.
Bestellangaben: 5533396/Grünwald, Fertigung

In der Gerätetechnik kommen mechanische, besonders feinmechanische, optische und elektrisch-elektronische Wirkprinzipien zur Anwendung.

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

6730 9 177 027 465
KOMB KERAM WERKE
8612 7001 0136 PF 1

ISSN 0013–5399
ELEKTRIE · Berlin 40 (1986) 9 · S. 321–360

Neuerscheinungen

BASIC für Mikrorechner

Programmentwicklung · Sprachelemente · Anwendungen
Von Dr. sc. techn. Dieter Werner.
240 Seiten, 70 Bilder, 22 Tafeln, Broschur, DDR 24,— M, Ausland 35,— DM.
Bestellangaben: 553 6087/Werner, Basic
Die Programmiersprache BASIC hat auf Grund ihres einfachen Aufbaus, aber auch begünstigt durch das Vordringen von Mikro-, Klein- und Bürocomputern, eine ständig zunehmende Verbreitung gefunden. So werden heute die mit Abstand meisten Programme in BASIC geschrieben.
Der Nutzerkreis von BASIC ist sehr vielschichtig. Das vorliegende Buch nimmt darauf Rücksicht. Der Leser wird einleitend mit dem Aufbau und der Funktionsweise von Rechnern vertraut gemacht und in die Methodik der Programmentwicklung eingeführt. Anschließend werden die Besonderheiten beim Arbeiten mit BASIC dargelegt, und es wird eine systematische Einführung in BASIC vermittelt. Bei der Behandlung der verschiedenen Sprachelemente wird stets elementar begonnen und der Schwierigkeitsgrad allmählich erhöht.
Im Text sind zahlreiche Programmbeispiele enthalten. Manche dienen zum Experimentieren mit dem BASIC-Interpreter. Andere sollen den Einsatz bestimmter Sprachelemente demonstrieren. Anfangs werden diese Programme durch Programmablaufpläne ergänzt. In dem Maße, wie dem Leser die Formulierung von Algorithmen in einer Programmiersprache geläufig wird, können diese Anschauungshilfen entfallen. Am Ende des Buches sind einige umfangreichere Programmbeispiele zu verschiedenen Themenkreisen zusammengestellt. Sie sollen die Vielfalt der Anwendungsmöglichkeiten zeigen und zu eigenen Arbeit anregen.

Überdrucksicherungen für Behälter und Rohrleitungen

Von Dr. Dipl.-Ing. Géza Bozóki.
Erweiterte und aktualisierte Übersetzung aus dem Ungarischen.
432 Seiten, 484 Bilder, 93 Tafeln, Kunstleder, DDR 58,— M, Ausland 68,— DM.
Bestellangaben: 553 4356/Bozóki, Überdruck
In dieser praxisnah geschriebenen Monographie werden, ausgehend von den wissenschaftlich-technischen Grundlagen zur Auslegung und Auswahl, die Wirkprinzipe, der konstruktive Aufbau und die Bemessungsgrundsätze von Überdrucksicherungseinrichtungen behandelt sowie Richtlinien und Empfehlungen für ihren zweckmäßigen Einsatz und sicheren Betrieb gegeben. Ein Anhang bietet ein dreisprachiges Vakabular der Fachbegriffe, ferner Stoffkennwerte von Gasen, Flüssigkeiten und Dämpfen sowie Widerstandsbeiwerte von Armaturen und Rohren als Arbeitsmaterial.

Elektrische Meßtechnik

Herausgegeben von Dipl.-Ing. Jürgen Schultz.
Lexikonreihe 1000 Begriffe für den Praktiker.
198 Seiten, 241 Bilder, 27 Tafeln, Pappband, DDR 17,— M, Ausland 23,— DM.
Bestellangaben: 553 5906/Schultz, Elektrische
Das Lexikon behandelt in 1000 Artikeln Arten, Aufbau, Wirkungsweise und praktischen Einsatz der in der Elektrotechnik und Elektronik verwendeten Meßgeräte. Verweise in den Artikeln schaffen Verbindungen zu ähnlichen Begriffen; Verweise am Schluß gewährleisten ein schnelles Auffinden der verbindlichen Normen, Standards und Bestimmungen.

Auslieferung in diesen Tagen durch den Fachbuchhandel

VT

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN